

DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

REVUE MENSUELLE

NOVEMBRE 1957

Dixième année, N° 119

SOMMAIRE

	Pages
JOURNÉES INTERNATIONALES DE CHAUFFAGE, VENTILATION ET CONDITIONNEMENT DE L'AIR 27, 28 et 29 mai 1957	
Conditionnement d'air	1125
Conduits de fumées	1185
Série : Équipement technique (57)	
F. MARTIN LAVALLEE, Problèmes de travaux publics dans la réalisation d'une centrale thermo- électrique : les terrassements et les fondations de Porcheville.	1247
Série : Travaux publics (46)	
M. CROISSET, Étude des risques de condensation sur murs de logements habités et sur murs expé- rimentaux	1269
Série : Gros œuvre (6)	
Documentation technique réunie en août 1957	1301
Documentation technique (109)	

NOTES TECHNIQUES

- NT 26 Béton et protection contre les radiations atomiques
NT 27 Comment éviter les taches de bistre ou y remédier?
NT 28 Comment protéger les toitures en zinc?

En supplément

NOTES D'INFORMATION

- NI 29 Planchers chauffants et protection des tubes

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES
ET DE DOCUMENTATION TECHNIQUE

6, RUE PAUL-VALÉRY, PARIS (XVI^e)

LABORATOIRES DU BATIMENT
ET DES TRAVAUX PUBLICS

12, RUE BRANCION, PARIS, (XV^e)

BUREAU SECURITAS

4, 6, RUE DU COLONEL DRIANT, PARIS (I^{er})

CENTRE D'INFORMATION ET DE
DOCUMENTATION DU BATIMENT

100, RUE DU CHERCHE-MIDI, PARIS (VI^e)

Édité par La Documentation Technique du Bâtiment et des Travaux Publics
(Société à responsabilité limitée au capital de 3 000 000 F)

C. C. P. PARIS 8524-12

6, rue Paul-Valéry, PARIS-XVI^e

Tél. : KLÉber 48-20

SERVICE DE RENSEIGNEMENTS TECHNIQUES PAR TÉLÉPHONE

Le numéro d'appel téléphonique permettant d'obtenir directement ce Service est maintenant :

Poincaré 25-25

Il sera cependant répondu à tout appel sur **Lecourbe 80-40** bien que ce numéro doive disparaître dans quelques mois.

Le Service de Renseignements Techniques par téléphone est à votre disposition tous les jours ouvrables, de 16 h à 19 h sauf le samedi.

ANNONCES

NORMALISATION INTERNATIONALE

BATIMENT

Le Comité Technique ISO/TC 59 « Construction immobilière » et le Sous-Comité Technique ISO/TC 59 SC 1 « Coordination modulaire » de l'Organisation Internationale de Normalisation ISO, dont le Comité-Membre français est l'AFNOR, se sont réunis à Paris récemment.

Seize nations étaient représentées : Allemagne, Autriche, Belgique (chargée du Secrétariat du Sous Comité ISO/TC 59 SCI), Espagne, France (chargée du secrétariat du Comité ISO/TC 59), Inde, Italie, Norvège, Nouvelle-Zélande, Pays-Bas, Pologne, Roumanie, Royaume-Uni, Tchécoslovaquie, U.R.S.S., Yougoslavie.

Ces réunions avaient à traiter une question extrêmement importante celle de la fixation d'un module de base unique pour le bâtiment. Il y a près de vingt ans que sont entreprises, tant aux États-Unis que dans les pays européens, des recherches sur la coordination modulaire, mais celles-ci sont restées sur le plan national, avec toutefois un souci de coordination qui fait adopter à différents pays des modules semblables. La question, prise en main sur le plan international par l'Agence Européenne de Productivité entre les pays européens membres de l'OECE, avait fait ces dernières années des progrès sensibles.

Un accord quasi unanime est intervenu entre les pays représentés, concrétisé par l'adoption d'un module de 10 cm pour les pays utilisant le système métrique et de 4 inches pour les pays utilisant le système foot-inch.

Cette première réalisation obtenue dans le domaine de la coordination modulaire sera sanctionnée par une Recommandation ISO.

Il convient d'en souligner l'importance, car le principe ainsi admis va permettre au Comité Technique ISO/TC 59 et à son Sous Comité d'étudier des questions d'ordre pratique de haut intérêt telles que :

— les méthodes d'application pratique;]

— la détermination des valeurs préférentielles concernant les dimensions des éléments de construction;

— et surtout l'établissement d'un système de tolérances nécessaire pour la fabrication totale ou partielle, et d'une manière plus générale pour l'industrialisation du bâtiment.

LE BULLETIN D'INFORMATIONS TECHNIQUES DU CENTRE TECHNIQUE DU BOIS

Le Centre Technique du Bois publie maintenant un Bulletin d'Informations Techniques trimestriel destiné à tous les producteurs, transformateurs et utilisateurs de bois et produits dérivés, dont les deux premiers numéros sont parus.

Sous une forme condensée, ce bulletin groupera des renseignements pratiques directement utilisables sur les procédés, l'outillage et l'équipement ainsi que sur les matières premières et les produits finis ou semi-finis.

Il s'intéressera spécialement aux innovations, afin de faire bénéficier les professionnels des découvertes les plus récentes et de leurs applications.

En outre, ce bulletin rendra compte très sommairement de l'activité du Centre Technique du Bois, et des études poursuivies par ses services.

Le prix de l'abonnement annuel est fixé à 800 F. Un spécimen peut être adressé gracieusement sur simple demande au Centre Technique du Bois, 2, rue de la Michodière, à Paris (2^e).

NOVEMBRE 1957

Dixième Année, N° 119.

Série : ÉQUIPEMENT TECHNIQUE (57).

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

JOURNÉES INTERNATIONALES DE CHAUFFAGE
VENTILATION ET CONDITIONNEMENT DE L'AIR

27, 28 et 29 Mai 1957

sous la présidence d'honneur de

M. Maurice LEMAIRE,

Secrétaire d'État à l'Industrie et au Commerce

et la présidence effective de

M. A. MISSENARD,

Président du Comité Scientifique et Technique de l'Industrie du Chauffage
et de la Ventilation (Co.S.T.I.C.)

**COMMUNICATIONS TECHNIQUES
RELATIVES AUX PROBLÈMES
DU CHAUFFAGE ET DU CONDITIONNEMENT
(II)**

ORGANISATIONS SYNDICALES ET ORGANISMES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES
DE LA THERMIQUE
INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

SOMMAIRE

CONDITIONNEMENT D'AIR

E. Rellier , Importance et conditions de réalisation des installations de conditionnement d'air	1128
P. Blondel , Réalisations françaises de conditionnement d'air industriel	1133
M. Piot , Le conditionnement d'air des salles d'opérations....	1151
P. Cokelaere , Étude des différents matériels frigorifiques utilisés pour le conditionnement d'air industriel	1159
A. Jeanmaire , Le filtrage et le dépoussiérage de l'air dans l'équipement du conditionnement d'air industriel	1166
J. Raussou , Application des matériels de régulation électronique aux problèmes de réglage de commande automatique de sécurité des installations de conditionnement d'air industriel	1173

CONDUITS DE FUMÉES

P. Becher , Conduits de fumées domestiques	1187
A. Claudon , Les matériaux de conduits de fumées	1198
R. Cadiergues , Doctrine de construction des conduits de fumées.	1221
Conclusion générale des journées par M. le Président Missenard	1239
Remise de Médailles	1240
<i>Voir résumés des exposés : Pages 1129, 1134, 1151, 1159, 1166, 1173, 1187, 1198, 1221.</i>	

CONTENT

AIR CONDITIONING

E. Rellier , Importance and execution of air conditioning installations	1123
P. Blondel , Industrial air conditioning intallations in France ...	1133
M. Piot , Air conditioning of operating rooms in hospitals....	1151
P. Cokelaere , Study of the various refrigerating equipments used for the industrial air conditioning	1159
A. Jeanmaire , Filtration and dedusting of the air in the industrial air conditioning equipment	1166
J. Raussou , Application of electronic regulating equipments to the problems of regulating, of automatic safety control of industrial air conditioning installations	1173

FLUES

P. Becher , Domestic flues	1187
A. Claudon , The materials for flues	1198
R. Cadiergues , Doctrine of flues construction	1221
General conclusions of the meeting by Mr. President Missenard	1239
Distribution of medals	1240
<i>See summaries of the papers : pages 1129, 1134, 1151, 1159, 1166, 1173, 1187, 1198.</i>	

Les thèses et la méthode d'exposition adoptées par les conférenciers et les personnes qui prennent part aux discussions peuvent parfois heurter certains points de vue habituellement admis. Mais il doit être compris que ces thèses et discussions, à l'égard desquelles l'Institut Technique ne saurait prendre parti, ne visent en rien les personnes ni le principe des Institutions.

DEUXIÈME JOURNÉE

Mardi 28 mai 1957

SOUS LA PRÉSIDENCE DE

M. E. TUNZINI

Président du Centre d'Information
pour le Développement du Conditionnement d'Air,
du Filtrage de l'Air et du Dépoussiérage

CONDITIONNEMENT D'AIR

AVANT-PROPOS DES PRÉSIDENTS

M. le Président Missenard. — Cette journée, consacrée au conditionnement de l'air et des locaux, sera présidée par M. Ernest Tunzini. Il est superflu de présenter M. Ernest Tunzini, aussi bien aux étrangers qu'aux Français, car le nom de sa firme franchit journellement les frontières. Il est synonyme de dynamisme, d'audace raisonnée et d'une foi inébranlable dans l'avenir de notre industrie.

Ne vous étonnez pas si, au cours de ce débat, je dis parfois « Ernest Tunzini » tout court, comme je dis souvent « Bernard Tunzini », voire « Bernard », simplement. Leur nom est tellement lié au développement de nos techniques que nous disons souvent « Tunzini » comme autrefois on disait « Citroën » dans le monde automobile.

M. Ernest Tunzini préside un organisme de création récente et dont la nécessité s'affirme chaque jour. C'est le Centre d'information pour le développement du conditionnement d'air, de la ventilation, du filtrage de l'air et du dépoussiérage (C. I. C. A. D.).

Dirigé par le général de réserve Merlat, ce Centre a pour mission de promouvoir les applications du conditionnement d'air et d'en faire connaître les possibilités aux usagers qui trop souvent les ignorent.

Si M. Ernest Tunzini, Ingénieur des Arts et Métiers, est plus un industriel qu'un chercheur, il est tout de même, par son dynamisme, un des agents actifs de la recherche, car, après tout, les problèmes que s'efforcent de résoudre les laboratoires sont ceux qui leur sont posés par les praticiens d'avant garde.

Je demande, une fois de plus, aux hommes de bonne volonté, de bien vouloir seconder de tous leurs moyens les efforts de M. Ernest Tunzini en faveur du développement du conditionnement de l'air, aussi bien pour l'amélioration des conditions du travail humain dans les usines que pour celle du travail de la matière.

Si tous nos collègues ne sont pas, à tort, convaincus que c'est leur intérêt professionnel, je leur demande néanmoins de le faire en gratitude pour le dévouement enthousiaste et toujours jeune de M. Ernest Tunzini à notre profession.

Mais je ne veux pas faire souffrir plus longtemps sa modestie et je vais lui passer la parole.

Toutefois, je souhaite au préalable la bienvenue à M. Besson, Inspecteur général des Services d'hygiène de la Ville de Paris, membre de l'Académie de Médecine, que j'aperçois dans la salle. Il a toujours été de cœur avec notre profession et nous fait le plaisir et l'honneur de suivre nos travaux.

M. le Président Tunzini. — Monsieur le Président Missenard vient de vous faire une description beaucoup trop élogieuse pour moi de mon activité ; mais je dois rappeler qu'avec le Président Missenard, avec M. Dupuy, avec M. Marchal, nous avons été, sous la direction extrêmement éclairée du Professeur Véron, des lutteurs acharnés dans la période où j'avais encore de la jeunesse.

Aujourd'hui, j'espère que vous ne ferez pas trop grief au Président Missenard de m'avoir demandé de présider cette journée. Il est certain qu'il a oublié de me demander mon acte de naissance ; or, dans une industrie qui, comme celle du conditionnement d'air ou du filtrage ou du dépoussiérage est en pleine évolution scientifique et technique, les hommes de mon âge ne peuvent plus suivre à la cadence où l'on vous mène, vous les jeunes, du point de vue scientifique et technique.

Je n'irai pas plus loin et je voudrais simplement dire quelques mots complémentaires du C. I. C. A. D.

Le C. I. C. A. D., comme le disait le Président Missenard, est un Centre qui a été créé à l'initiative des deux syndicats, le Syndicat des Installateurs et le Syndicat des Constructeurs-Installateurs. Ce Centre a pour but d'éclairer les industriels français, et je pense aussi les industriels étrangers, sur ce qu'est la valeur technique de notre industrie, comment elle peut apporter dans la productivité moderne un concours effectif extrêmement important qui fera que, soit du point de vue production, soit du point de vue confort, demain nous aurons dans les usines, dans les salles de travail, dans les bureaux, un climat qui permettra de réussir toutes les opérations que l'on est tenté de faire.

Il y a là, dans le conditionnement d'air industriel, une frontière qu'il est assez difficile de dégager.

Quand on parle de conditionnement d'air, certains pensent au confort ; or, la limite est assez délicate. Pensez-vous que, dans vos bureaux industriels ce soit du confort de faire travailler les ingénieurs et les dessinateurs dans un climat qui est souvent insupportable ? D'autre part, en ce qui concerne les bâtiments hospitaliers, peut-on considérer que c'est du point de vue du confort que l'on doit réaliser des installations de conditionnement d'air ? Vous savez tous maintenant ce que sont les difficultés de l'aménagement des blocs opératoires ; tout à l'heure M. Piot vous dira combien ce point de vue est important.

C'est vous dire le champ très vaste que vous avez à explorer, à travailler et j'espère qu'il y aura là une fusion entre l'industrie étrangère et l'industrie française, entre les chercheurs étrangers et les chercheurs français, pour que dans les dix années qui suivent, nous puissions arriver à égaler l'exemple que nous ont donné les États-Unis.

Je vais maintenant donner la parole à M. Rellier. M. Rellier fait partie des équipes nouvelles ; c'est un jeune des Arts et Métiers, puisqu'il est de la promotion 1944, et sa carrière n'a donc pas encore eu le temps d'être longue, mais je dois dire que s'il a la jeunesse pour lui, il a aussi l'attachement au travail et par conséquent les réalisations qu'il a su faire sont déjà des réalisations extrêmement marquant.

Dernièrement, il a été désigné par le G. E. C. U. S. pour aller à Bruxelles exposer les théories françaises sur le conditionnement d'air dans les centres souterrains.

Cette communication a été considérée comme brillante et nos amis bruxellois ont été enchantés de l'entendre.

J'espère que vous aurez le même agrément maintenant.

Conditionnement d'air

IMPORTANCE ET CONDITIONS DE RÉALISATION DES INSTALLATIONS DE CONDITIONNEMENT D'AIR

par **M. E. RELIER**

Ingénieur des Arts et Métiers.

Les dernières années ont amené une très nette augmentation du nombre et de l'importance des installations de conditionnement d'air réalisées pour des besoins essentiellement industriels.

L'examen de l'évolution industrielle permet d'affirmer que cette demande d'équipement de conditionnement d'air se maintiendra et s'amplifiera dans le futur.

En effet, les techniques industrielles font de plus en plus appel à des climats artificiels, ou contrôlés nécessaires soit à l'amélioration du confort des travailleurs, soit à l'établissement des conditions de température, d'hygrométrie et de pureté de l'air, capables de permettre dans de bonnes conditions le travail des matériaux. Par ailleurs, la concentration de machines de plus en plus puissantes, et la nécessité de réaliser à tout moment des produits de qualités et de dimensions constantes et précises, conduisent l'industriel à développer les équipements de conditionnement d'air.

Toutefois, il est bien évident que le succès des équipements de conditionnement d'air, qui est directement lié à la demande des utilisateurs, dépend, dans une large mesure, des résultats directs ou indirects qu'ils permettent d'obtenir.

L'action du spécialiste, en matière de conditionnement d'air, est, au même titre que la demande de l'usager, un élément déterminant de l'évolution des équipements. A priori, nous supposons que toute installation réalisée est convenablement calculée, et par conséquent capable de maintenir de façon satisfaisante les conditions imposées en température, humidité, etc...

Cette exactitude « scientifique » ne paraît toutefois pas suffisante pour satisfaire le client. En matière de réalisation industrielle, un certain nombre de facteurs particuliers sont à prendre en considération pour le choix des matériels à utiliser.

En effet, les appareils de conditionnement d'air, qu'ils aient pour but final d'améliorer le confort humain ou de permettre certaines méthodes de mise en œuvre, sont toujours liés à une phase quelconque de la fabrication. A ce titre, les appareils de conditionnement d'air constituent les auxiliaires directs des machines de production, et se trouvent, de ce fait, soumis à des impératifs imposés depuis toujours à ces auxiliaires.

Les éléments intéressant plus particulièrement l'utilisateur industriel sont les suivants :

- Automaticité ;
- Sécurité de fonctionnement ;
- Facilités d'entretien et de dépannage ;
- Faible encombrement ;
- Rapidité d'installation ;
- Possibilité de réutilisation.

Automaticité.

Les installations industrielles nécessitent des équipements complets de régulation automatique permettant de réduire au maximum la nécessité des interventions manuelles qui peuvent être, indépendamment de leur prix de revient, la cause de fausses manœuvres.

Toutefois, pour toutes les installations d'une certaine importance, il est indispensable de prévoir des dispositifs centralisés permettant, depuis un poste de commande surveillé, de réaliser la mise en marche, l'arrêt et la signalisation du fonctionnement pour tous les appareils principaux. Ce poste de contrôle peut être très utilement complété par l'installation d'enregistreurs à distance permettant de suivre l'évolution des caractéristiques contrôlées et, de ce fait, de déceler en temps utile les anomalies de fonctionnement.

Sécurité de fonctionnement.

Les appareils de conditionnement d'air constituant un auxiliaire des équipements de fabrication, ils doivent être évidemment à même d'assurer leur service sans défaillance pour ne pas créer de sujétions supplémentaires et alourdir les pertes de temps.

Cette sécurité de fonctionnement ne peut être obtenue que par l'utilisation exclusive de matériels de première qualité, étudiés pour une exploitation industrielle, et faisant l'objet de contrôles très complets en cours de fabrication et avant livraison.

Dans ce but, il semble que la préférence doive toujours être donnée à des matériels standard qui, par le nombre d'appareils

fabriqués dans un même type, ont permis une mise au point très poussée, qui met l'industriel à l'abri d'une surprise désagréable.

Un soin particulier doit, par ailleurs, être apporté à la sélection des organes de protection, d'asservissement et de contrôle des organes principaux.

Facilités d'entretien et de dépannage.

Dans le cadre d'une installation industrielle, l'entretien et la surveillance des équipements sont pratiquement toujours confiés aux services du client. Pour obtenir que l'entretien soit effectué correctement, il est indispensable d'en réduire la fréquence et l'importance au minimum, et de rendre cet entretien le plus facile possible.

Toutefois, quels que soient les soins apportés à la construction et à l'entretien du matériel, il faut malheureusement parler de dépannage, ne serait-ce qu'à la suite d'une mauvaise utilisation. Il est bien évident que le dépannage sera grandement facilité par l'emploi d'appareils standard, d'un approvisionnement facile.

Il est à noter toutefois que, même dans le cas où l'entretien courant des appareils est assuré par le client, il est indispensable que l'installateur soit à même d'assurer périodiquement le contrôle général des installations grâce à l'organisation d'un service après vente spécialisé. Ce contrôle périodique doit permettre de conserver les appareils en parfait état de fonctionnement pour prévenir les pannes possibles, et également de faire bénéficier l'utilisateur des possibilités nouvelles offertes par la mise au point de nouveaux matériels qui sont susceptibles d'améliorer les conditions de fonctionnement.

Faible encombrement.

Il n'est pas nécessaire d'insister sur l'intérêt que présente, pour un équipement industriel, un encombrement réduit.

Les surfaces construites sont suffisamment onéreuses pour que leur utilisation soit réservée au maximum aux moyens directs de production. On peut dire qu'au prix des équipements auxiliaires il serait logique d'ajouter, comme élément de comparaison, la somme représentée par la location de la surface occupée.

Rapidité d'installation.

De plus en plus fréquemment, les clients insistent pour que les travaux de montage des installations soient réduits au minimum, ce qui permet d'immobiliser pendant le minimum

de temps les bâtiments pour la mise en place des matériels. Des gains de temps très importants peuvent être obtenus dans ce sens par l'emploi de matériels montés en usine, qui ont pu faire l'objet d'essais très complets en cours de fabrication, et qui sont prêts à fonctionner correctement sans mise au point laborieuse.

Possibilité de réutilisation.

Très souvent, les chaînes de fabrication font l'objet de remaniements importants destinés à les adapter à de nouvelles méthodes de travail.

Par ailleurs, les caractéristiques des machines de production évoluent rapidement, et celles-ci sont fréquemment appelées à être remplacées par des éléments nouveaux, qui sont susceptibles de changer totalement pour une même fabrication les besoins des installations de conditionnement d'air. Il est souhaitable, de ce fait, que les appareillages de conditionnement d'air puissent être réalisés en vue d'une réutilisation dans les ensembles de remplacement, ou dans d'autres équipements.

Il est évident que les éléments déterminants doivent être considérés aux différentes étapes de la détermination d'une installation. Toutefois, une phase très importante pour le technicien est la détermination du type d'installation; différents modes d'installation ont été utilisés pour des ensembles industriels importants. Les premières installations réalisées étaient du type central, ce qui s'expliquait assez bien par le souci que causaient aux utilisateurs les éléments mécaniques des installations, qu'il était alors souhaitable de rassembler en un point de surveillance unique.

Depuis plusieurs années, les installations centrales se trouvent délaissées au profit d'installations comportant une décentralisation partielle des appareils de traitement d'air affectés à des zones particulières. Cette solution permet d'utiliser des appareils de dimensions plus réduites, dont les caractéristiques rentrent dans la gamme des matériels standard, fabriqués de façon suivie.

Cette disposition permet de disposer d'une grande souplesse d'installation, et de possibilités de secours, tout en réduisant de façon très sensible l'encombrement des appareillages et des gaines de distribution.

Par ailleurs, les installations décentralisées permettent facilement de réaliser les installations par stades successifs, en échelonnant la mise en place dans le temps, de façon à s'adapter aux possibilités financières des clients, ou à l'implantation successive des équipements.

RÉSUMÉ

Le conditionnement de l'air dans l'industrie, qui a pris en France depuis quelques années une importante extension, est appelé à une expansion croissante.

Il appartient aux installateurs de résoudre les problèmes qui leur sont posés, en connaissant exactement les facteurs propres à l'utilisation industrielle qui sera faite des installations.

L'évolution des conceptions qui s'est dessinée, tant en France qu'à l'étranger, montre l'intérêt des possibilités offertes par les appareils monoblocs.

SUMMARY

Air conditioning in industry, which has increased to a great extent in France over several years, is destined for a growing expansion.

It falls to those responsible to resolve the problems posed, through an accurate knowledge of the factors concerning the industrial utilization of the plants.

The evolution of design which has taken shape in France as well as abroad shows the interest of the possibilities offered by mono-block installation.

Il y a lieu de noter que, dans la plupart des cas, certains équipements demeurent centralisés : ce sont, indépendamment des dispositifs de télécommande, signalisation et enregistrement, les équipements de production de fluide chauffant : chaufferie, et de fluide réfrigérant : centrale frigorifique. Il est à noter que la centrale frigorifique peut être destinée à fournir l'eau glacée, à 5° C environ, alimentant des climatiseurs avec batteries d'échange, ou l'eau refroidie à 25°, par exemple, pour alimenter les condenseurs de conditionneurs, comportant des groupes frigorifiques avec condenseurs à eau, après refroidissement dans un réfrigérant atmosphérique.

La liaison de ces équipements aux climatiseurs de zone ne présente pas de difficulté puisqu'elle s'effectue par de simples tuyauteries de transport d'eau. Toutefois, les progrès réalisés dans la construction de compresseurs frigorifiques de moyenne puissance, de 3 à 50 ch, et l'apparition en particulier de compresseurs hermétiques, ont permis la mise au point d'appareils monoblocs de conditionnement d'air comportant leur propre source de réfrigération.

Une autre évolution nettement marquée est celle qui consiste à séparer les fonctions, de façon à simplifier le fonctionnement des appareils ; c'est ainsi qu'il est très fréquent, dans des ensembles d'une certaine étendue, de trouver une installation commune à un groupe de zones, assurant le renouvellement d'air, l'humidification ou la déshumidification de cet air, et un ensemble de groupes de zones capable d'assurer localement le contrôle de la température.

Ayant précisé les éléments à prendre en considération pour le choix des matériels de conditionnement d'air destinés à l'industrie, et mis en évidence l'évolution très marquée qui s'est dessinée vers la généralisation des matériels standard et travaillant de façon indépendante, nous examinerons un type d'appareil existant sur le marché, et très largement utilisé en équipements industriels.

Il est évident que tous les besoins ne peuvent être satisfaits par un nombre limité de types d'appareils, et nous excluons, a priori, les problèmes qui posent des conditions particulières de température ou d'hygrométrie, et qui ne peuvent être résolus que par des appareils étudiés spécialement et qu'il n'est pas possible de généraliser à d'autres applications.

Dans la plupart des cas, le conditionnement d'air industriel nécessite, au moins, trois des fonctions suivantes :

- Contrôle de la température ;
- Contrôle de l'hygrométrie ;
- Filtrage de l'air ;
- Renouvellement de l'air.

Nous allons examiner les appareils monoblocs de conditionnement d'air, tels qu'ils ont été mis au point aux États-Unis, et sont actuellement fabriqués en France.

Ce sont des appareils capables d'assurer toutes les fonctions propres au conditionnement d'air :

- Ventilation ;
- Chauffage ;
- Refroidissement ;
- Déshumidification ;
- Humidification ;
- Filtrage de l'air.

Il est bien évident qu'un grand nombre d'appareils sont capables d'assurer les mêmes fonctions et, pour bien définir les possibilités, il y a lieu de préciser quels sont les fluides d'alimentation nécessaires aux appareils pour assurer les fonctions ci-dessus. Les monoblocs que nous examinons sont des appareils autonomes, ne nécessitant qu'une alimentation

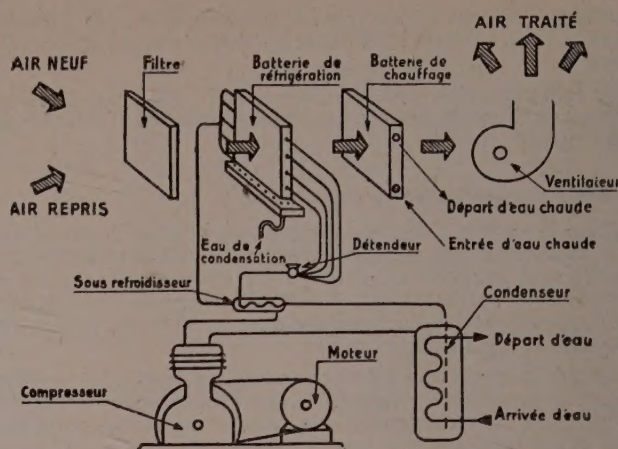


Fig. 1.

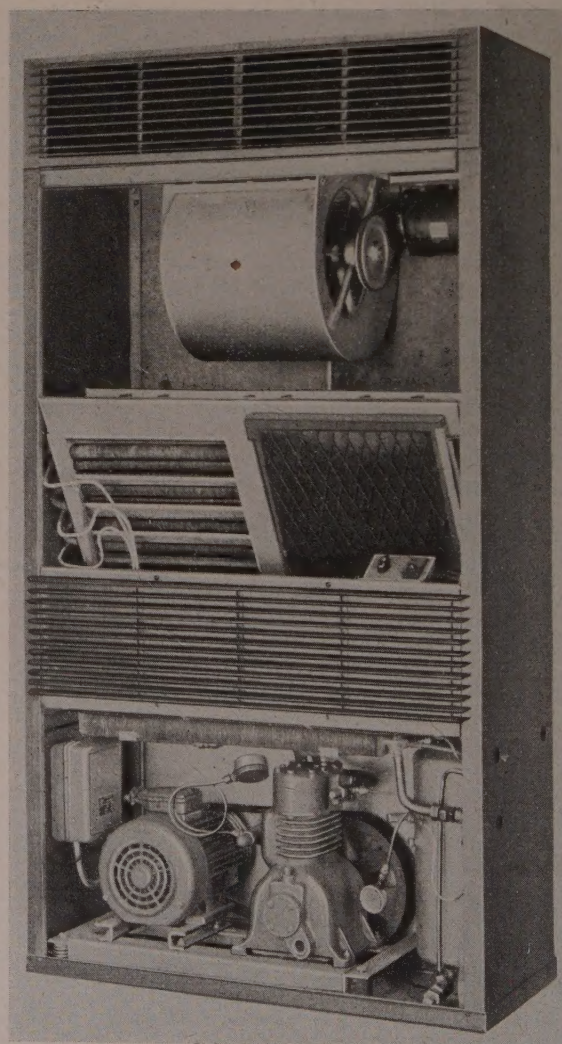


Fig. 2.



Fig. 3.

en eau pour le condenseur, et un raccordement électrique pour les moteurs de compresseur et de ventilateur.

Schématiquement, ces appareils peuvent se définir comme résultant de l'assemblage d'une centrale frigorifique à détente directe et d'un aérotherme.

Ces appareils se présentent sous forme d'armoires métalliques, renfermant les éléments de traitement de l'air représentés à la figure 1 :

- Groupe moto-compresseur fonctionnant au Fréon;
- Condenseur à eau;
- Filtre à air;
- Batterie de refroidissement et déshumidification, formant évaporateur du groupe frigorifique;
- Groupe moto-ventilateur.

Aux éléments ci-dessus, qui font toujours partie de l'appareil standard et en déterminent les caractéristiques, il est prévu l'adjonction, en cas de besoin, d'organes complémen-

taires dont les caractéristiques peuvent être adaptées à celles de l'installation, ce sont :

- La batterie de chauffe;
- Le dispositif d'humidification;
- Les organes de régulation automatique.

En tant que puissance, les monoblocs de conditionnement d'air permettent de couvrir la gamme de 9 000 à 80 000 fg/h, c'est-à-dire la gamme des moyennes puissances qui correspondent essentiellement aux installations décentralisées.

Il est à noter que des appareils du même type sont construits pour des puissances de 1 000 à 4 000 fg/h, mais ces appareils de faible puissance ne sont pratiquement pas utilisés par les industriels.

Les figures 2, 3 et 4 donnent différentes vues d'appareils.

Appareils dérivés des monoblocs.

Pour augmenter les possibilités d'utilisation des appareils monoblocs mis au point, les constructeurs ont été amenés à les scinder en plusieurs parties, de



Fig. 4.

façon à permettre dans les meilleures conditions la résolution de problèmes particuliers, tout en utilisant des appareillages du commerce standard. C'est ainsi que l'on a assisté au découpage des monoblocs en trois éléments essentiels :

- Groupe compresseur avec condenseur ;
- Batterie froide formant évaporateur ;
- Groupe ventilateur.

Ces éléments unitaires permettent deux sortes d'opérations :

1° Par regroupement, il est possible de constituer des appareils complets, avec un grand nombre de possibilités d'installation. C'est ainsi qu'au lieu de monoblocs standard qui sont pratiquement toujours verticaux, on peut réaliser des ensembles horizontaux ou d'équerre, pouvant s'adapter à des conditions particulières d'implantation.

2° Par l'utilisation de certains éléments, il devient possible de compléter des installations existantes qui n'assuraient que le chauffage par air pulsé, ou la ventilation des locaux, et

qui peuvent, sous certaines réserves, être transformées en installations de conditionnement d'air complètes.

Après ce rapide examen de quelques aspects propres au conditionnement d'air industriel, on peut dire que le marché existant ne peut qu'être très favorablement aidé dans son développement par la mise sur le marché de matériels standard.

Il paraît souhaitable que la collaboration :

- Des constructeurs ;
- Des constructeurs-installateurs, et des installateurs

aboutisse à la définition d'une gamme d'appareils qui pourront être fabriqués en série.

Cette formule ne peut qu'être profitable à tous ceux qui touchent, à un titre quelconque, au conditionnement d'air, car elle permettra :

- D'améliorer la qualité et la présentation des installations ;
- De réduire les prix ;
- De réduire les délais.

M. le Président Tunzini. — Je remercie en votre nom M. Rellier de sa communication et je voudrais maintenant vous présenter M. Blondel ancien élève de l'École Polytechnique. Il débute dans notre industrie sous les auspices d'un homme qui a bataillé beaucoup au cours des précédentes années dans les congrès ayant eu pour objet le conditionnement de l'air, je veux parler de M. Marchal. M. Blondel a certainement profité des connaissances profondes de M. Marchal et je suis donc convaincu que sa communication va vous intéresser.

Conditionnement d'air

LE CONDITIONNEMENT DE L'AIR DANS L'INDUSTRIE FRANÇAISE

par M. P. BLONDEL

Ancien Élève de l'École Polytechnique
Chargé du cours de Conditionnement d'Air à l'Institut Textile de France.

Quand on parle de conditionnement de l'air, on pense souvent « air conditioning » « air conditioned » et l'on s' imagine qu'il s'agit d'une technique d'importation américaine. Ce point de vue n'est pas toujours inexact, lorsqu'il s'agit du conditionnement de l'air destiné à assurer le confort des locaux d'habitation. Par contre il est un domaine où la France a une expérience ancienne et confirmée et où elle a su par des recherches et des réalisations originales conserver une place importante, même à l'étranger : c'est le conditionnement de l'air industriel.

Qu'est le conditionnement de l'air industriel?

Quels sont ses buts, ses caractéristiques, son principal champ d'application?

En quoi l'industrie française diffère-t-elle des industries étrangères quant à ses besoins en conditionnement de l'air?

Telles sont quelques-unes des questions que nous allons essayer de résoudre, afin de situer les réalisations françaises en matière de conditionnement d'air industriel.

Il est à peine besoin de rappeler que le conditionnement

de l'air, par définition, doit contrôler un certain nombre de caractéristiques de l'air et, notamment, sa température, le degré hygrométrique, la ventilation et la pureté de cet air.

A. — BUT QUE DOIVENT REMPLIR LES INSTALLATIONS DE CONDITIONNEMENT DE L'AIR DANS L'INDUSTRIE

Quelles sont les caractéristiques de l'air qui doivent être, en premier lieu, contrôlées dans l'industrie?

Précisons tout d'abord que dans cet exposé nous ne considérerons que le conditionnement de l'air dans les ateliers de production, à l'exclusion du conditionnement de l'air dans les bureaux, même industriels, laissant de côté cette branche du conditionnement de l'air que les Américains appellent conditionnement d'air commercial et dont la technique est proche de celle du conditionnement de l'air pour le confort.

Nous pouvons caractériser les différences entre le conditionnement de l'air industriel et le conditionnement de l'air pour le confort et commercial, par le tableau suivant :

	Conditionnement d'air industriel	Confort et commercial
But principal	Fabrication	Confort
But secondaire	Rendement ouvrier	Rendement personnel (principal pour commercial)
Caractère	<i>Machine de fabrication</i> Doit s'adapter à la fabrication	Doit s'adapter au bâtiment
Caractéristiques à maintenir	Température entre certaines limites Pureté Humidité constante	Température Pureté Humidité entre certaines limites
Charge	Importance du dégagement calorifique des machines	Pas ou peu de machines
Type d'installation	Peu de réfrigération	Souvent réfrigération

Dans ces conditions, si nous nous référons aux statistiques d'un certain nombre de firmes établies depuis longtemps dans le conditionnement de l'air, nous remarquons que, dans une proportion très importante la plupart des réalisations de ces firmes dans l'industrie sont destinées aux industries traitant les matières et produits hygroscopiques. Parmi celles-ci, en première ligne, l'industrie textile. Une firme française consacre 70 % de son activité en conditionnement d'air industriel à l'industrie textile, une autre 90 %, etc...

1. Confort du personnel.

Comment arrive-t-on à expliquer cette prédominance? D'abord, la plupart des installations de conditionnement de l'air industriel, telles que nous les avons définies, sont réalisées par suite des nécessités de la fabrication. Les installations qui, dans l'industrie, seraient réalisées uniquement pour obtenir le confort du personnel, sont malheureusement rares. Dans la plupart des cas, le confort du personnel est un sous-produit de l'installation, dont le but principal est de maintenir des conditions favorables à la production. C'est ainsi qu'en maintenant une humidité et une température convenables au travail, on maintient généralement la température entre des limites acceptables pour le personnel. C'est ainsi également que si on dépoussiére l'air des salles, pour obtenir une production de qualité satisfaisante, le bien-être du personnel s'en trouve immédiatement accru.

On peut regretter qu'il n'y ait pas plus d'installations réalisées dans l'industrie pour le personnel, car les installations de conditionnement de l'air, en maintenant des conditions favorables au personnel permettent :

- D'augmenter le rendement;
- De diminuer le nombre d'accidents;
- De diminuer les maladies et l'absentéisme.

comme en témoignent les courbes ci-jointes, indiquant la fréquence des accidents, et la capacité de travail des ouvriers en fonction de la température résultante, maintenue dans la salle (fig. 1 et 2).

Au point de vue production pure, il serait donc intéressant de déterminer quelles sont les conditions pour lesquelles un rendement maximum peut être obtenu de la main-d'œuvre. Ceci est difficile car ces conditions dépendent essentiellement de la nature du travail; il est certain que pour un mineur (travail pénible), la température résultante correspondant à l'optimum de rendement, sera plus faible, que lorsqu'il s'agira d'un travail moyen ou léger.

D'après les travaux de M. Missenard, la température maximum à ne pas dépasser pour un travail moyen est de 28° résultante. Nous verrons plus loin dans quelles conditions on peut l'obtenir en France, et avec quels types d'installations.

RÉSUMÉ

On étudie d'abord les buts que doivent remplir les installations de conditionnement de l'air dans l'industrie, en général, en se concentrant sur les besoins des ateliers de fabrication, à l'exclusion des bureaux industriels.

Un petit nombre d'installations sont réalisées pour obtenir uniquement le confort du personnel, par l'obtention d'une température résultante convenable, ou son hygiène, par l'élimination de vapeurs, de poussières ou de buées nocives, mais la plupart des installations réalisées dans les ateliers de fabrication sont des machines de production ayant pour but :

- Amélioration de la production;
- Augmentation du rendement ou
- Amélioration de la qualité du produit fini.

Pour obtenir ces résultats il faut, suivant les cas, maintenir une température constante, une humidité constante et, ou une filtration efficace de l'air.

Une place importante est réservée au conditionnement de l'air des industries des matières hygroscopiques, qui nécessitent le maintien d'une humidité relative constante ce qui distingue particulièrement le conditionnement d'air de ces industries du conditionnement d'air des bureaux et habitations.

Les caractéristiques des besoins de l'industrie française par rapport à l'industrie étrangère sont ensuite analysées et, notamment, l'influence du climat, les caractéristiques de l'industrie française, qui ont déterminé la naissance de solutions françaises originales pour le conditionnement de l'air industriel.

Enfin, on analyse la position de l'industrie française du conditionnement de l'air industriel, en insistant sur l'ancienneté de son apparition, en donnant un exemple de réalisation typique et en essayant de situer la position relative de l'industrie française du conditionnement de l'air industriel, par rapport à ses concurrents étrangers.

SUMMARY

In the first place, the aims which should be fulfilled by the industrial air conditioning plants in factory workshops in general, but excluding the conditioning of industrial offices, are studied.

Few installations are made simply for staff comfort (by maintaining a convenient effective temperature) or health (by exhaust of noxious vapors, dusts and fumes); most of the air conditioning plants installed in the manufacturing plants are components of the machinery line and their aim is :

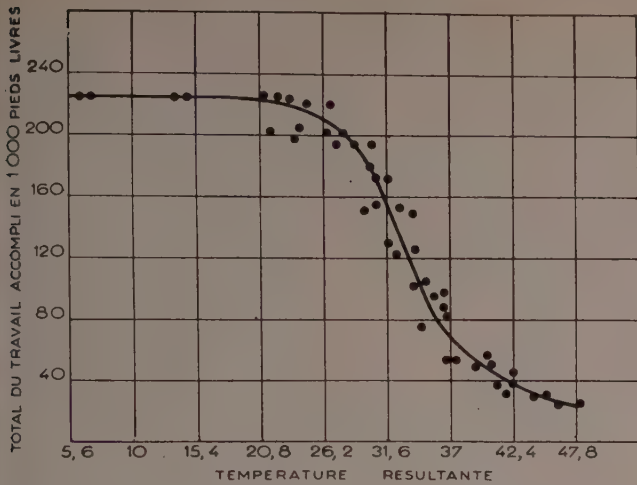
- Improvement of the output;
- Increase of the efficiency;
- Improvement of the quality of the product.

To obtain these results, it is necessary, according to the cases, to maintain constant temperature, constant humidity and/or efficient air filtration.

Many industrial air conditioning installations in France are installed in the industries of hygroscopic materials where a constant humidity is required; this necessity of a constant humidity is a characteristic feature as compared with the commercial and comfort air conditioning.

The special requirements of the French Industry, as compared with other countries, are analyzed, and specially the influence of the mild French climate. Due to this fact, some original solutions have been found in France to solve the problems of industrial air conditioning.

The French industry of Industrial Air Conditioning has developed since the beginning of this century, and is still important as regards to foreign competition. Typical examples are given to illustrate French plants, and statistics are examined of the import and export of Industrial air conditioning into and from France.



de 5,6 à 10 très froid
de 10 à 15,4 froid
de 15,4 à 20,8 confortable

de 20,8 à 26,2 chaud
de 26,2 à 31,6 très chaud
de 31,6 à 47,8 torride

Travail moyen de cinq hommes dans des conditions thermiques différentes, les charges étant soulevées à l'aide d'une corde et d'une poulie
Taux de travail 90 000 pieds livres/heure (d'après McConnel et Yaglou American Society Heating and Ventilating Engineers).

Fig. 1. — Variation de la capacité de travail en fonction de la température.

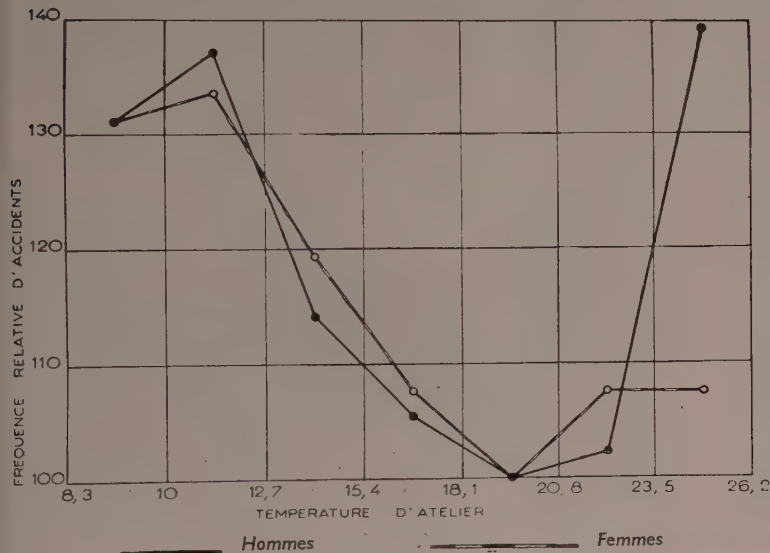


Fig. 2. — Fréquence des accidents secondaires en relation avec la température dans les fabriques de munitions anglaises (d'après Osborne et Vernon, Fatigue Research Board).

En plus des installations réalisées dans des bureaux nous citerons cependant le conditionnement de l'air de certains postes de travail tels : les cabines de ponts-roulants dans l'industrie sidérurgique, les salles de contrôle des centrales électriques, les salles de dispatching, installations réalisées uniquement pour le confort du personnel. D'autres installations d'élimination de chaleur (exemple : soufflage d'air frais près des postes de travail de fours de verrerie (fig. 3), bien qu'aboutissant aux mêmes résultats, ne ressortent généralement que de la technique de la ventilation et non du conditionnement de l'air complet.

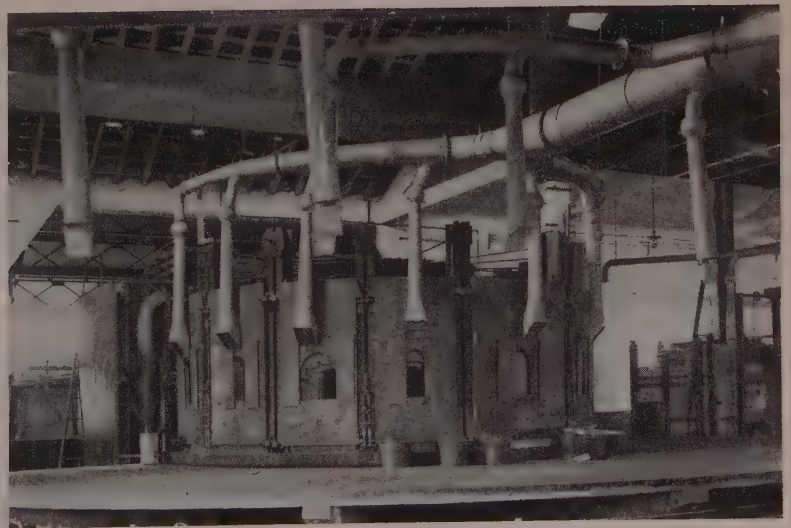


Fig. 3. — Ventilation d'un four de verrerie.

2. Hygiène.

Le conditionnement de l'air dans l'industrie peut être rendu nécessaire pour protéger l'hygiène du personnel, en évacuant certains *produits nocifs*, pour la santé, citons :

a) L'élimination de *vapeurs nocives*, notamment dans les industries chimiques. Dans les usines de textiles artificiels (filatures de rayonne, par exemple), un dégagement important d'hydrogène sulfuré et de sulfure de carbone se produit. Les installations de conditionnement de l'air de ces usines comprennent d'abord l'évacuation de ces gaz (fig. 4) à l'extérieur. L'installation de conditionnement d'air dont le but est de maintenir dans les salles des conditions d'hygrométrie et de température convenables, doit alors tenir compte de la quantité d'air évacué à l'extérieur, en la compensant, pour maintenir l'équilibre de pression de la salle.

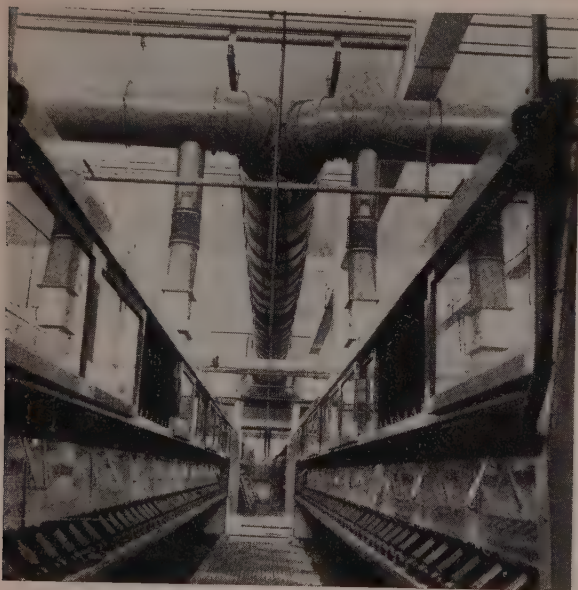


Fig. 4. — Aspiration de gaz viciés dans une filature de rayonne.

Dans la plupart des industries chimiques, pour les cuves d'électrolyse, de traitement de surface des métaux, etc... il est également indispensable d'évacuer les vapeurs nocives dégagées. Il s'agit alors d'installations qui sont rarement des installations de conditionnement d'air, dans le sens complet du terme.

b) Ce sont les *buées* qu'il s'agit d'éliminer dans d'autres industries :

Papeteries (râperies, salles de machines à papier) (fig. 5).

Teintureries, blanchisseries, laiteries, etc... (déshumidification) (fig. 6).

Étant donné l'importance du dégagement d'humidité dans ces salles, il est indispensable de capter les buées, si possible à l'endroit où elles se dégagent et de réintroduire une quantité équivalente d'air extérieur, préalablement chauffé, quelquefois filtré et conditionné. Ces installations ne sont pas toujours des installations de conditionnement d'air industriel, dans le sens strict de ce terme.

c) Certaines installations ont été réalisées pour obtenir l'hygiène du personnel, par un *dépoussiérage* approprié. Nous pourrions citer le cas d'une *usine de tissage*, où un certain nombre de personnes étaient incapables de travailler, par suite du dégagement de très fines poussières de lin et de coton, qui, absorbées par la respiration, créaient des maladies professionnelles du type fibrose du poulmon. L'installation de conditionnement d'air réalisée dans cette salle (fig. 7) a permis, en assurant une ventilation appropriée et une filtration de l'air recyclé, d'éliminer ces phénomènes physiologiques, et de permettre le travail aux ouvriers, les plus sensibles.

Très nombreux autres exemples, mines, amiante, etc... (silicose)...



Fig. 5. — Élimination de buées sur machine à papier.



Fig. 6. — Installation d'élimination des buées dans une teinturerie.



Fig. 7. — Dépoussiérage et conditionnement d'air d'une salle de tissage de lin.

3. Amélioration de la production.

Nous avons passé très rapidement en revue les installations de conditionnement d'air, qui sont réalisées dans le but de maintenir le personnel dans des conditions de travail confortables et favorables à leur rendement. Voyons maintenant l'importance du conditionnement de l'air dans l'industrie pour l'obtention d'une production, de qualité convenable ou pour l'amélioration du rendement.

B. — QUELLES SONT LES CARACTÉRISTIQUES DE L'AIR QUE DOIVENT CONTRÔLER LES INSTALLATIONS DE CONDITIONNEMENT DE L'AIR, DONT LE BUT EST D'AMÉLIORER LA FABRICATION?

- 1° La constance de la température ;
- 2° Une filtration efficace de l'air ;
- 3° La constance de l'humidité relative.

Il est bien évident que la plupart des installations de conditionnement d'air industriel combinent les différents impératifs indiqués ci-dessus.

1. Installations assurant la constance de la température.

Parlons brièvement des opérations nécessitant une *température constante*.

Dans la mécanique de précision, il est indispensable d'éviter les dilatations et les variations, même assez faibles, de température, qui peuvent, soit donner un produit fini en dehors des tolérances, soit détériorer la machine elle-même. C'est ainsi que le diamètre d'une pièce rectifiée peut diminuer sensiblement au cours de l'opération par suite de l'échauffement par frottement contre la butée (fig. 8).

Aussi, doit-on conditionner les salles de machines à pointer, métrologie, taille des engrenages, atelier de photogravure, fabrication de roulements à billes, etc... Dans certains cas on a même capoté certaines machines-outils, de façon à conditionner l'air de l'espace ainsi défini, pour éviter la dilatation des châssis, sous l'action de la chaleur (fig. 9).

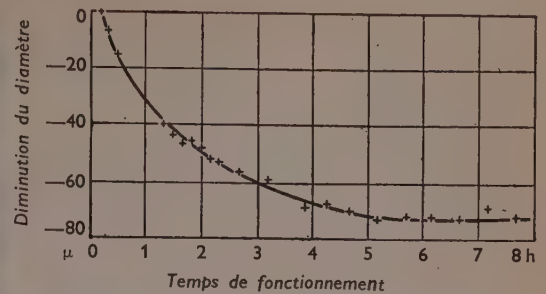


Fig. 8. — Diminution du diamètre, en fonction du temps, d'une pièce au cours d'une opération de rectification.

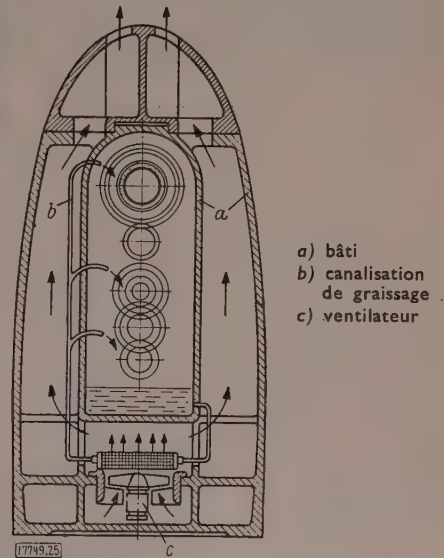


Fig. 9. — Système de refroidissement par air d'une fraiseuse à grande puissance pour éviter la dilatation.

Pour les machines de tricotage, type Cotton, il est très important d'éviter toute dilatation, afin que les aiguilles ne se brisent entre elles (fig. 10 et 11).

Certaines installations contrôlent la température où s'effectuent des réactions chimiques ou bio-chimiques, notamment les mûrissements, les fermentations. La vitesse de ces réactions dépend essentiellement de la température à laquelle elles se reproduisent. Citons notamment le mûrissement de la viscose (textiles artificiels), qui doit se faire à température rigoureusement contrôlée (fig. 12).

2. Installations ayant pour but de maintenir les salles dans un état de pureté de l'air suffisant.

Ce problème prend une importance de jour en jour plus aiguë, d'une part parce que les sources de pollution de l'air ne font que s'accroître, d'autre part parce que les fabrications deviennent de plus en plus précises et que l'exigence de la clientèle sur la qualité des produits obtenus ne fait que croître.

Il est impossible d'énumérer toutes les industries où l'atmosphère poussiéreuse apporte une gêne à la fabrication ; parmi



Fig. 10. — Conditionnement d'air d'une salle de tricotage de bas nylon.



Fig. 11. — Installation de conditionnement de l'air dans une bonneterie.



Fig. 12. — Conditionnement d'air d'une salle de mûrissement viscosse.

celles-ci nous citerons celles de l'alimentation, du caoutchouc, l'industrie électronique, l'imprimerie, l'industrie des munitions, la fabrication des produits pharmaceutiques, l'optique, la fabrication des plastiques, l'industrie textile. Il est bien évident que d'une industrie à l'autre, le problème posé par la filtration est différent.

Il faut d'abord s'attacher à sa définition.

Dans certains cas, il s'agira simplement de protéger des pièces délicates contre l'érosion ou les faux contacts, comme dans l'industrie électrique, et la filtration aura surtout comme objet d'éliminer des poussières d'un diamètre supérieur à 5 microns, par exemple.

Dans d'autres cas au contraire, les plus fines poussières doivent être arrêtées et les filtres doivent avoir une efficacité colorimétrique très élevée. Comme exemple, nous citerons dans l'industrie textile le cas de certaines salles où il est indispensable d'éliminer les fines poussières de suie qui se fixent sur les bobines, en cours de fabrication, et altèrent l'aspect de celles-ci; il s'agit notamment des fils clairs, de couleurs blanches ou tendres et des fils fins, la bobine restant alors un temps important sur le métier à filer. Ces bobines ont, dans une salle non filtrée, un aspect gris dans la partie ancienne et blanc dans la partie la plus récente. Il est évident qu'au point de vue qualité, la vente sous cet aspect présente des inconvénients majeurs.

La solution est de mettre la salle en pression d'air extérieur, après l'avoir filtré au moyen de cellules filtrantes de très haute efficacité colorimétrique et conditionné (fig. 13).

3. Maintien d'une humidité constante.

C'est certainement un des buts qui différencie le plus le conditionnement de l'air industriel du conditionnement de l'air commercial ou domestique.

Il s'agit simplement alors, que l'humidité relative soit maintenue dans des limites acceptables pour le confort entre 40 et 70 %, par exemple. Dans le conditionnement de l'air industriel c'est au contraire la constance de l'humidité qui est imposée par les fabrications de façon très précise.

Deux problèmes extrêmes sont posés fréquemment, ce sont ou le maintien d'une faible humidité, inférieure à 45 %, ou le maintien d'une humidité très élevée, pouvant aller jusqu'à 90 %.

Dans certaines industries, comme l'industrie électrique, la mécanique de précision, il faut éviter de fortes humidités qui détériorent le matériel mis en œuvre et occasionnent des courts-circuits ou la sudation du personnel. Il en est de même dans les industries pharmaceutiques, le stockage de certaines matières premières hygroscopiques et de certaines opérations textiles.

Par contre dans l'industrie du papier, l'imprimerie, l'industrie textile en général, l'humidité doit être maintenue à une valeur relativement très élevée.



Fig. 13. — Cellules filtrantes à haute efficacité colorimétrique pour l'élimination des poussières de suie atmosphériques pour le conditionnement d'air d'une salle de filature de coton fin.

C. — CONDITIONNEMENT DES MATIÈRES HYGROSCOPIQUES

Pourquoi maintenir une humidité relative constante à une valeur déterminée souvent avec une grande précision?

C'est que les propriétés d'un certain nombre de matières dites hygroscopiques varient avec les caractéristiques de l'air des salles où elles sont travaillées.

1. Reprise.

La teneur en eau des matières hygroscopiques dépend des caractéristiques de l'atmosphère où elles se trouvent. La

reprise est définie comme le poids d'eau qu'elles fixent, exprimé comme le pourcentage de leur poids sec.

Cette reprise dépend essentiellement de la température et de l'humidité relative de l'ambiance. L'influence de l'humidité relative est prépondérante.

On a établi ces graphiques donnant les valeurs de la reprise de différentes matières hygroscopiques, en fonction de l'humidité relative de la salle où elles sont situées (fig. 14 et 15).

L'importance du phénomène de reprise est dû au fait que l'on vend un certain nombre de matières hygroscopiques au poids. On a été amené, au milieu du XIX^e siècle, à définir le poids « loyal et marchand » indiquant la proportion d'eau

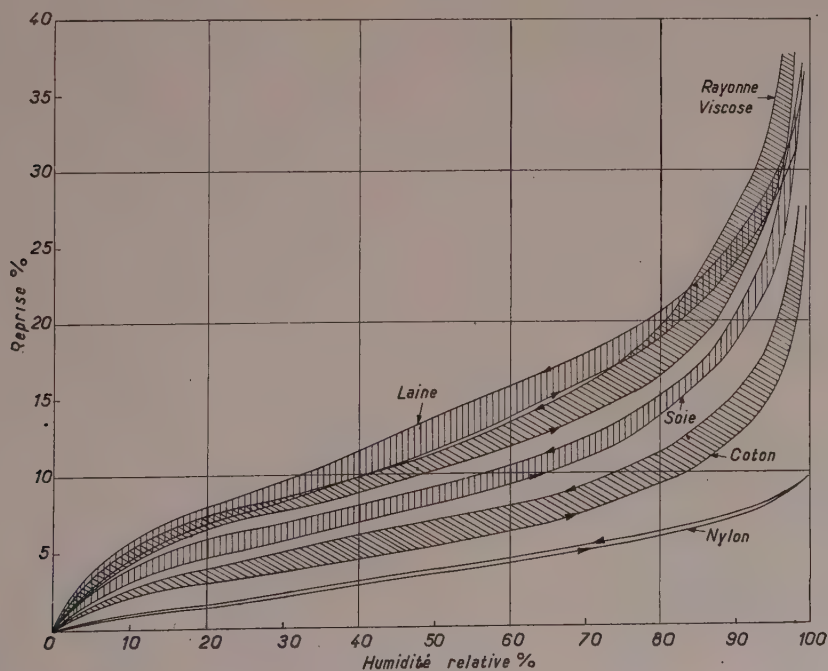


Fig. 14. — Courbes de reprise de différents textiles.

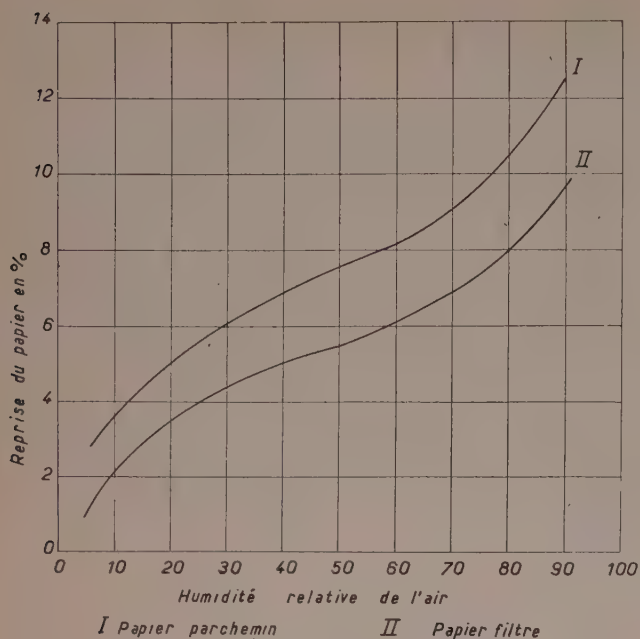


Fig. 16. — Reprise du papier en fonction de l'humidité relative de l'air à température constante.

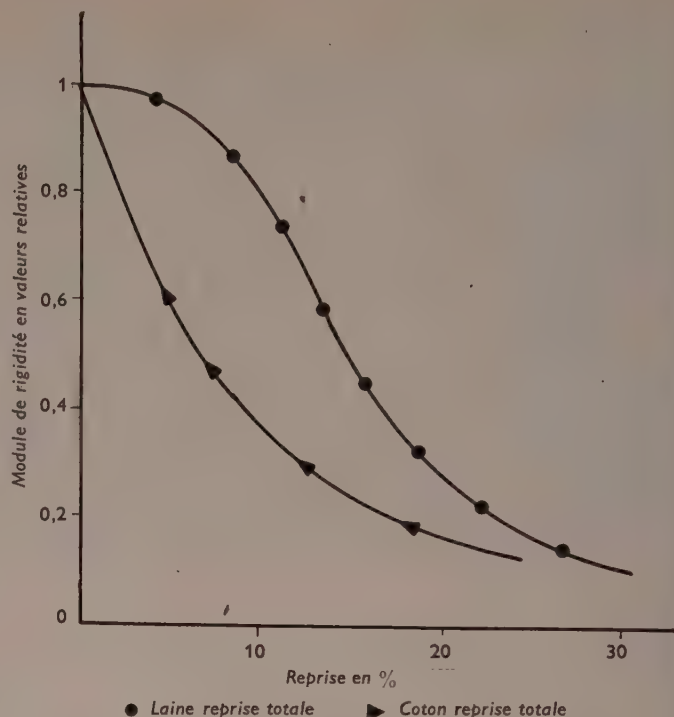


Fig. 17. — Diminution du module de rigidité de la laine et du coton en fonction de leur reprise.



Fig. 16. — Conditionnement d'air de laboratoire.

admise dans la matière considérée, en se basant sur la reprise standard. On a dressé des tableaux donnant les valeurs de ces reprises standard (voir tableau ci-dessous).

TABLEAU DE REPRISES STANDARD Reprises utilisées dans les divers pays.

Soie	11 %
Coton	8 1/2 %
Coton mercerisé	12 %
Fil de coton	8 1/2 %
Laine peignée	18 1/4 %
Laine dégraissée	17 %
dégraissée partiellement	18 %
Roving	18,25 %
Laine Renaissance	17 %
Blouse peignage Schumberger	16 %
Lister	8 %
Peignage Noble	Noble
Peignage dans l'huile	19 %
Peignage sans huile	18,25 %
Fils cardés	17 %
Fils peignés	18,25 %
Finissage	13 %

Internationalement, il a été admis que la reprise standard est celle obtenue dans une atmosphère où la température est de 20° C et l'humidité de 65 %, conditions qui doivent être maintenues avec une précision de $\pm 1^\circ \text{C} \pm 2\%$.

Ce sont donc les conditions auxquelles il faut maintenir tous les laboratoires d'essais des matières hygroscopiques (fig. 16).

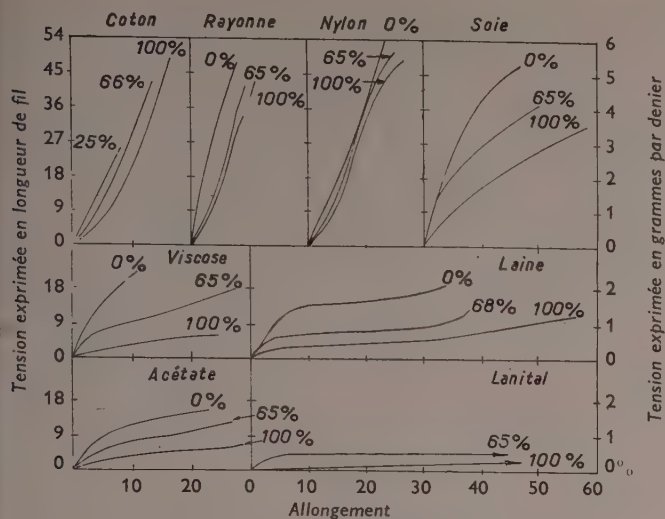


Fig. 18. — Variation de la tension subie par une fibre soumise à un allongement déterminé, en fonction de l'humidité relative.

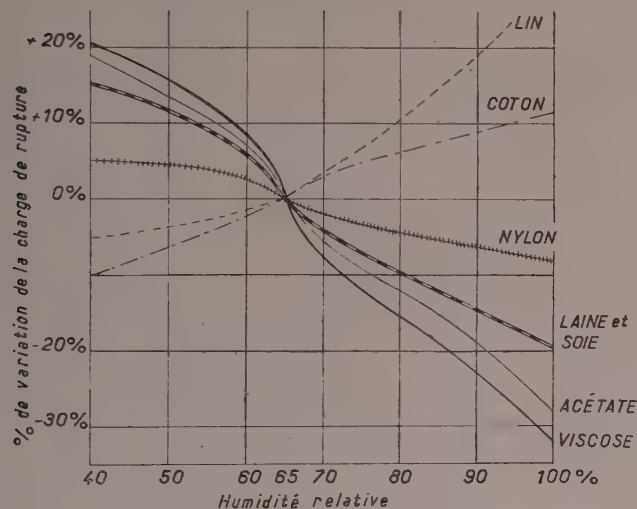


Fig. 19. — Variation de la résistance à la traction en fonction de l'humidité relative.

2. Propriétés physiques des matières hygroscopiques.

La reprise de l'humidité par ces matières hygroscopiques modifie leurs propriétés physiques. Parmi ces modifications, nous pouvons citer notamment :

- Le gonflement des différentes fibres accompagnant la reprise et surtout sensible sur le diamètre.

- L'allongement du papier avec l'humidité relative surtout sensible dans le sens travers.

- L'augmentation très sensible de la souplesse des fibres en fonction de l'humidité.

- L'augmentation de la résistance au pliage des papiers.

- La variation de la tension subie par une fibre lorsqu'elle est soumise à un allongement déterminé (fig. 18) ; cette tension diminue lorsque l'humidité augmente à allongement constant ; il est donc intéressant d'augmenter l'humidité relative de l'atmosphère où se travaille une matière hygroscopique, qui doit subir des allongements par suite de son travail, car on diminue les risques de rupture et de déformation, en diminuant les tensions auxquelles cette matière est soumise, de par son travail lui-même.

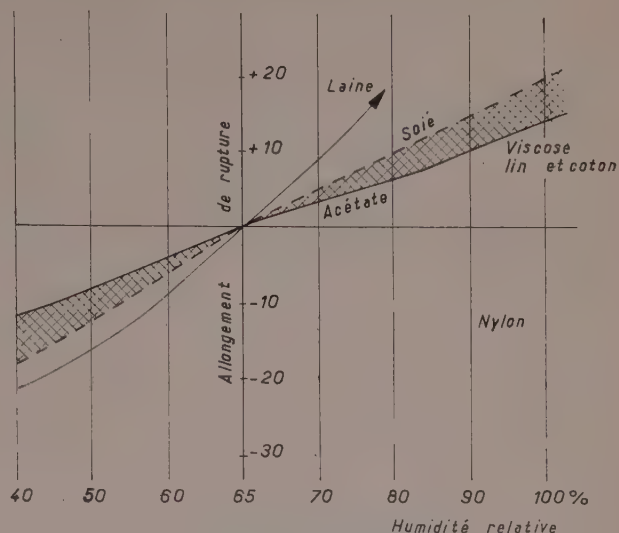


Fig. 20. — Variation de l'allongement à la rupture en fonction de l'humidité relative.

— La ténacité ou résistance à la traction des matières hygroscopiques varie en fonction de leur nature (fig. 19) ; c'est ainsi que notamment le lin et le coton ont une ténacité qui augmente, lorsque l'humidité relative augmente ; pour les autres fibres et le papier, la ténacité diminue lorsque l'humidité relative augmente.

— L'allongement à la rupture des fibres textiles et du papier augmente, lorsque l'humidité relative augmente (fig. 20).

— Le coefficient de frottement des fibres entre elles et des fibres entre les machines augmente lorsque l'humidité relative augmente.

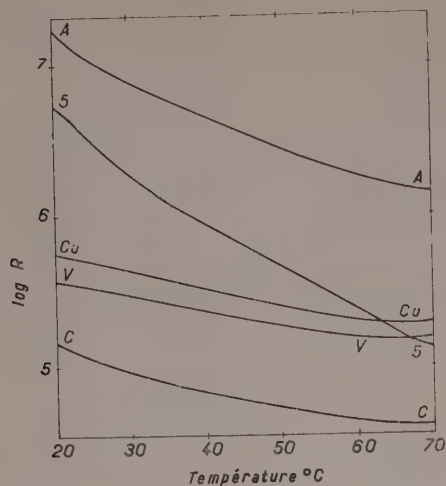
Enfin nous terminerons ce bref résumé des variations des propriétés physiques des matières hygroscopiques en fonction de la variation de l'humidité relative, par la question très importante du développement et de l'élimination de l'électricité statique. Cette question est actuellement très étudiée dans des laboratoires du monde entier et il est apparu que dans beaucoup d'industries, elle a une importance considérable. Notamment, dans des opérations textiles lorsque l'on fabrique des fibres, celles-ci s'électrissent par frottement contre des corps solides ou par frottement entre elles. De même dans les opérations d'imprimerie, le papier s'électrifie. L'évacuation de la charge électro-statique ainsi créée est favorisée considérablement par l'augmentation de l'humidité relative de l'ambiance où les matières hygroscopiques sont travaillées (fig. 21), en effet, la reprise de ces matières augmente, ce qui les rend plus conductrices.

Cette influence des conditions de l'air sur l'élimination de l'électricité statique est due uniquement à l'augmentation de conductibilité des fibres avec l'humidité croissante, car la conductibilité électrique de l'air diminue, lorsque l'humidité relative augmente.

L'augmentation de température favorise également considérablement l'élimination de l'électricité statique (fig. 22).

L'utilisation de matières plastiques et de fibres synthétiques a augmenté encore le danger de l'électricité statique, par suite de leurs faibles constantes diélectriques.

En étudiant expérimentalement les charges recueillies sur les fibres, lors d'une opération de carderie par exemple, en fonction de l'humidité ambiante pour des fibres de différentes matières, on a pu déterminer théoriquement les conditions optimum à maintenir dans les salles où s'effectue ce travail, et ces résultats ont été confirmés par l'expérience (fig. 23).



C. — Coton V. — Viscose rayonne S. — Soie.
Cu. — Cuprammonium rayonne A. — Acétate rayonne

Fig. 21. — Variation de la résistance électrique des fibres en fonction de l'humidité relative à température constante.

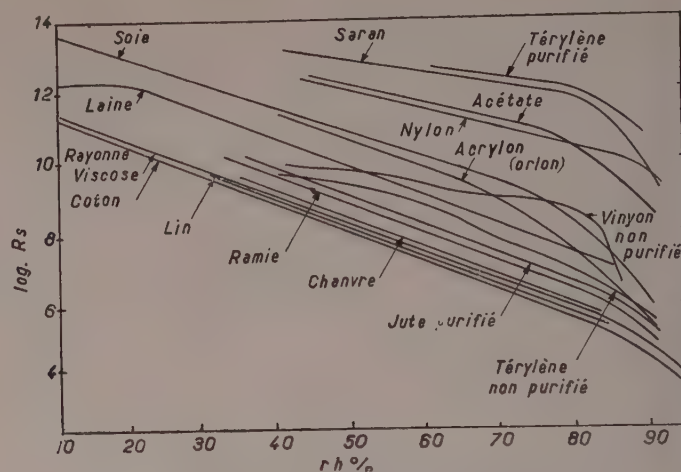


Fig. 22. — Variation de la résistance électrique des fibres en fonction de la température à humidité constante.

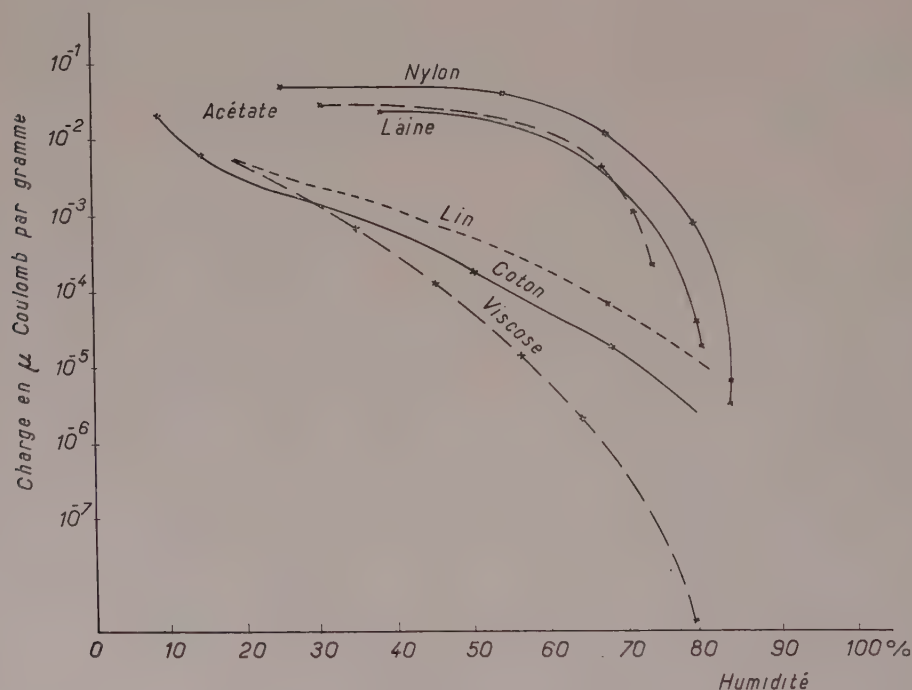


Fig. 23. — Variation des charges électro-statiques en fonction de l'humidité relative, dans une opération de carderie.

Il s'agit d'un exemple exceptionnel où, pratiquement un seul facteur, c'est-à-dire l'élimination de l'électricité statique produite par le procédé envisagé, entre en ligne de compte.

En général, plusieurs propriétés physiques des matières hygroscopiques interfèrent dans la détermination des conditions atmosphériques optimum et il est impossible de les déterminer théoriquement; aussi, a-t-on été amené à déterminer ces conditions empiriquement, en recueillant les impressions des

usagers ou expérimentalement, en faisant varier systématiquement une des caractéristiques de l'air, et en étudiant l'influence de cette variation sur une des caractéristiques du procédé; c'est ainsi que l'on a pu déterminer statistiquement l'influence de la variation de l'humidité relative sur le nombre de casses de fil dans une filature de coton.

Les conditions reconnues comme les plus favorables, sont indiquées dans le tableau suivant.

Tableau des températures et humidités.

établi d'après l'American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers et les renseignements transmis à AMELIORAIR par ses différents clients.

MATÉRIEL COTON OU DÉRIVÉS	COTON ÉCRU		TEMPÉRATURE		HUMIDITÉ			
	Stockage.				65 % ou plus			
	Ouvraison..		22°		50 à 55 %			
	Battage.		22 à 28°		50 %			
	Carderie.		22° ou plus		45 à 55 %			
	Peignage.		24°		60 à 70 %			
	Préparation filature.		24°		50 à 60 %			
	Filature.		25 à 30°		50 à 65 %			
	Préparation tissage.		22°		60 à 70 %			
	Stockage.				65 % ou plus			
	Tissage.		20 à 24°		70 à 90 %			
	Tricotage.		24° et plus		60 à 70 %			
	COTON BLANCHI OU TEINT							
	Carderie.		22°		60 à 80 % (après séchage)			
	Le reste, comme le coton écreu, avec un peu plus d'humidité.							
SCHAPPE								
Préparation filature (dressing).				60 à 70 %				
Filature.				65 à 75 %				
FIBRANNE (Fibres courtes)								
Stockage.		20 à 22°	VISCOSE	ACÉTATE	NYLON			
Ouvraison.		22° et plus	55 à 60 %	50 %	70 % et plus			
Battage.		22° et plus	50 à 55 %	50 à 60 %	65 à 75 %			
Carderie.		22 à 26°	50 à 60 %	50 à 60 %	60 à 65 %			
Préparation.		24°	50 à 55 %	55 à 60 %	60 à 75 %			
Filature.		25 à 30°	55 à 60 %	55 à 60 %	70 à 80 %			
Préparation tissage.		20 à 24°	50 à 65 %	60 à 70 %	65 à 80 %			
Tissage.		20 à 24°	60 à 70 %	60 à 70 %	65 à 75 %			
			70 à 80 %	60 à 75 %	70 à 80 %			
Ces valeurs dépendent de l'ensimage.								
FIBRES DURES	LIN, JUTE, CHANVRE, ÉTOUPES							
	Carderie.		20 à 22°		Autour de 70 %			
	Préparation filature.		22 à 24°		65 %			
	Filature au mouillé.		26°		55 à 70 %			
	Filature au sec.		26°		60 à 75 %			
	Préparation tissage.		20° ou plus		65 à 70 %			
		Tissage.	20°		75 à 85 %			
LAINE CARDÉE	Ouvraison.			LAINE	FIBRANNES	DÉCHETS COTON		
	Carderie.			60 à 65 %				
	Filature.		22° ou plus	70 à 75 %	70 à 75 %	65 à 75 %		
	Préparation tissage.		22 à 26°	65 à 75 %	70 à 75 %	60 à 70 %		
	Tissage.		20° ou plus	60 à 70 %	60 à 75 %			
LAINE PEIGNÉE				Syst. FRANÇAIS	Syst. BRADFORD	FIBRANNES		
	Carderie.		22 à 30°	70 à 80 %		70 à 75 %		
	Peignage.		22 à 30°	70 à 80 %	60 à 70 %			
	Préparation filature.		22 à 30°	70 à 80 %	60 à 70 %	70 à 75 %		
	Filature.		22 à 30°	75 à 85 %	50 à 70 %	75 à 80 %		
	Préparation tissage.		20° et plus	60 à 70 %	60 à 70 %	60 à 70 %		
	Tissage.		20° et plus	60 à 70 %	60 à 70 %			
TISSAGE DE SOIE ET FIBRES CONTINUES			SOIE ET SCHAPPE	VISCOSE	ACÉTATE	NYLON	RHOVYL	VERRE
	Retordage.	22 à 27°	70 à 75 %					
	Préparation tissage.	22 à 27°		60 à 70 %				
	Tissage.	22 à 27°	60 à 70 %	65 à 70 %	60 à 70 %	70 à 80 %	60 %	70 %
	Tricotage.	27°				55 %		
TEX-TILES ARTIFICIELS	VISCOSE		MÉTIERS		BOBINES	TURBINES		CONTINUS
	Filature.	24 à 30°			70 %	80 % ou plus		60 à 70 %
	Finissage.	20 à 27°			65 à 80 %			

D. — CARACTÉRISTIQUES DES BESOINS DE L'INDUSTRIE FRANÇAISE

Les impératifs énumérés ci-dessus caractérisent le conditionnement de l'air industriel, par rapport au conditionnement de l'air en général, quel que soit le pays envisagé.

Les besoins français différeront-ils des besoins de certains autres pays? Ces différences proviennent d'abord du *climat*.

Au début, comme l'a montré si brillamment M. Missenard dans son livre « l'Homme et le climat », la civilisation s'est implantée dans les zones de climat tempéré et les industries travaillant les produits hygroscopiques se sont installées dans des régions généralement humides, où le contrôle de l'humidité et de la température pouvait être considéré comme obtenu naturellement, avec une précision qui, évidemment, n'a rien à voir avec celle que l'on obtient maintenant par la climatisation artificielle avec régulation automatique précise, la variation de température ayant au contraire un effet bénéfique de « stimulation climatique ».

L'intérêt du climat pour la localisation de l'industrie et, notamment les industries travaillant les matières hygroscopiques, a beaucoup diminué par le développement de l'industrie du conditionnement de l'air; de plus, les conditions extérieures ont une influence de plus en plus faible sur les conditions intérieures, étant donné l'importance des charges intérieures que les installations de conditionnement de l'air ont à vaincre, par suite de l'augmentation considérable de la puissance, donc de la chaleur dégagée par les machines modernes, par suite aussi de l'amélioration de techniques d'isolation, de la construction d'usines-tombeaux, etc...

Sous cet angle, la France n'a plus un traitement préférentiel. Par contre, si le climat français ne permet plus aux industries de se passer d'installations de conditionnement d'air, il simplifie celles-ci en mettant à la disposition des installateurs, l'air et l'eau, à des conditions souvent favorables.

On peut maintenir une température relativement confortable en été, par le simple effet de la ventilation en air extérieur et de l'évaporation d'eau. Ce phénomène est d'autant plus marqué que l'on maintient dans les salles une humidité plus élevée.

Dans le tableau ci-dessous, nous avons fait figurer les températures sèches (T. S.) que l'on peut obtenir dans des salles à humidité relative déterminée, pour différentes températures

humides extérieures au moyen d'une installation de conditionnement d'air délivrant de l'air saturé à 100 % et utilisant le rafraîchissement par ventilation et évaporation (pas de dégagement d'humidité à l'intérieur de la salle).

On a inscrit également les températures résultantes intérieures correspondantes (T. R.).

On peut d'ailleurs, pour les salles à faibles humidités obtenir des températures intérieures plus basses, en diffusant dans la salle un plus grand volume d'air extérieur sous-saturé.

Si on se souvient qu'un travail modéré est admissible dans une ambiance où la température résultante ne dépasse pas 28° C (travaux de M. Missenard), on constate que sans réfrigération, grâce à une installation de rafraîchissement par évaporation, on peut maintenir en France des températures acceptables, pour toutes les salles à humidité relative supérieure à 50 %, pendant tous les jours de l'année, sauf cinq en moyenne environ.

On comprend pourquoi les installations de conditionnement d'air, réalisées dans l'industrie en France, n'utilisent généralement pas la réfrigération, son emploi étant réservé aux cas où une température doit être maintenue constante à une valeur assez basse, et/ou, lorsqu'une très faible humidité relative doit être garantie.

Cependant, même dans ces cas, on trouve généralement souvent en quantité suffisante, de l'eau de forage à 12 ou 13° qui par échange de température avec l'air, soit en batterie froide, soit dans un laveur d'air, permet l'obtention des conditions requises. De nombreuses réalisations ont été installées de cette manière.

D'autres traits caractéristiques de l'industrie française ont influencé les réalisations de conditionnement de l'air. Citons :

— D'abord le *prix élevé de l'énergie* qui conduit à économiser la force motrice, donc à rechercher les solutions à haut rendement (ventilateurs hélicoïdes, dont le niveau sonore est par ailleurs admissible dans les ateliers généralement bruyants, gâines de faible longueur, etc...).

— L'*ancienneté de l'industrie*, notamment de celle des textiles où le conditionnement de l'air s'est tout d'abord imposé d'où la nécessité d'adapter le conditionnement de l'air à des bâtiments souvent anciens.

— La *concentration industrielle* et urbaine entraînant celle des poussières, incitant à l'étude de la filtration.

Humidités relatives à maintenir.

	Température humide extérieure							
	21°		23°		25°		27°	
Température intérieure	T. S.	T. R.	T. S.	T. R.	T. S.	T. R.	T. S.	T. R.
50 %	32,9°	28°	35°	29,5°	37°	31°	39,2°	32,5°
65 %	28°	25,4°	30,2°	27,2°	32,4°	29°	34,6°	30,8°
85 %	23,6°	22,6°	25,6°	24,6°	27,8°	26,6°	29,9°	28,5°

Hypothèses : Température des parois = Température de l'air — Pas de mouvements d'air sensibles.

T. S. = Température sèche.

T. R. = Température résultante.

- Le prix élevé de la *main d'œuvre* d'où la nécessité de l'automatisme.
- Les dimensions parfois faibles des salles.
- Un certain sens esthétique, etc..

E. — SOLUTIONS SPÉCIFIQUEMENT FRANÇAISES

Il est bon de rappeler que l'industrie du conditionnement de l'air s'est développée en France à la fin du XIX^e et au début du XX^e siècle, en avance sur la plupart des pays étrangers, y compris même sur les États-Unis.

Parmi les *précurseurs*, il faut citer évidemment les Établissements Bontemps, créateurs du « climatogène » et les Établissements Kestner, devenus Kestner et Neu par la suite, avec « l'éjecto-atomiseur ».

L'originalité de la France est caractérisée par le développement des solutions individuelles ou semi-centralisées par opposition aux solutions centrales, qui représentent dans beaucoup de pays, pratiquement le seul type de réalisation. Ce développement provient de la nécessité de s'adapter, pour le conditionnement de l'air, aux caractéristiques de l'industrie française, rappelées plus haut. C'est ainsi que les centrales de conditionnement de l'air absorbent une puissance très élevée et s'adaptent très mal aux bâtiments existants, qu'elles procèdent d'un certain goût du gigantisme, peu français.

Par le perfectionnement continu des premières réalisations d'appareils individuels, et par l'adjonction de la plupart des dispositifs, qui caractérisent les centrales de conditionnement et permettent un traitement de l'air complet et notamment : les éliminateurs de gouttes sélectifs (brevet Marchal 1937), l'étude d'une distribution plus rationnelle, des dispositifs de pulvérisation à meilleur rendement et, enfin, l'adjonction de tous les filtres modernes, les installations individuelles françaises et, notamment les installations semi-centrales, ont pu s'imposer, non seulement en France, mais également à l'étranger (fig. 24).

Comment définir une installation semi-centrale ? Comme une installation de conditionnement de l'air qui, pour un local déterminé, utilise un nombre réduit d'appareils individuels, assurant chacun un traitement de l'air intégral.

Du fait de ce nombre réduit, chaque semi-centrale doit diffuser un *débit d'air important*, ce qui les différencie des premiers appareils, type climatogène, distribuant un débit faible d'air fortement super-saturé. Les éliminateurs de gouttes incorporés aux appareils à la sortie de ceux-ci, permettent le contrôle de la saturation de l'air au soufflage. Les courbes (fig. 25 et 26) montrent dans deux cas extrêmes

les variations du rafraîchissement et du débit d'air, en fonction de la saturation de l'air soufflé et soulignent l'intérêt de ces dispositifs. Une souplesse supplémentaire est obtenue par la décentralisation du traitement de l'air, ce qui permet de suivre

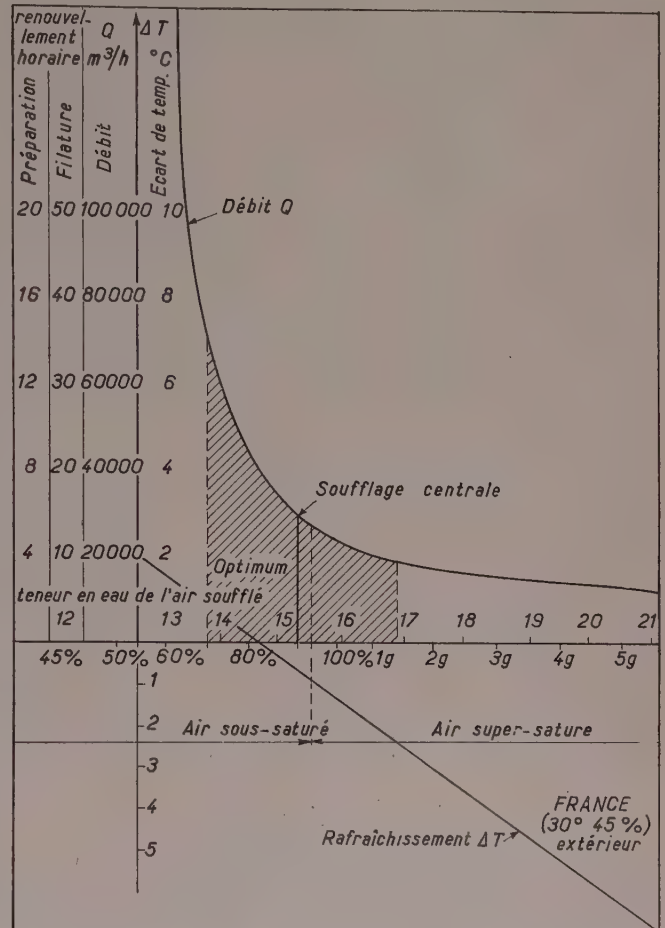


Fig. 25. — Filature de coton. Salle à faible humidité (55 %).

Fig. 24. — Climatisation d'une salle de tissage par une solution semi-centrale.



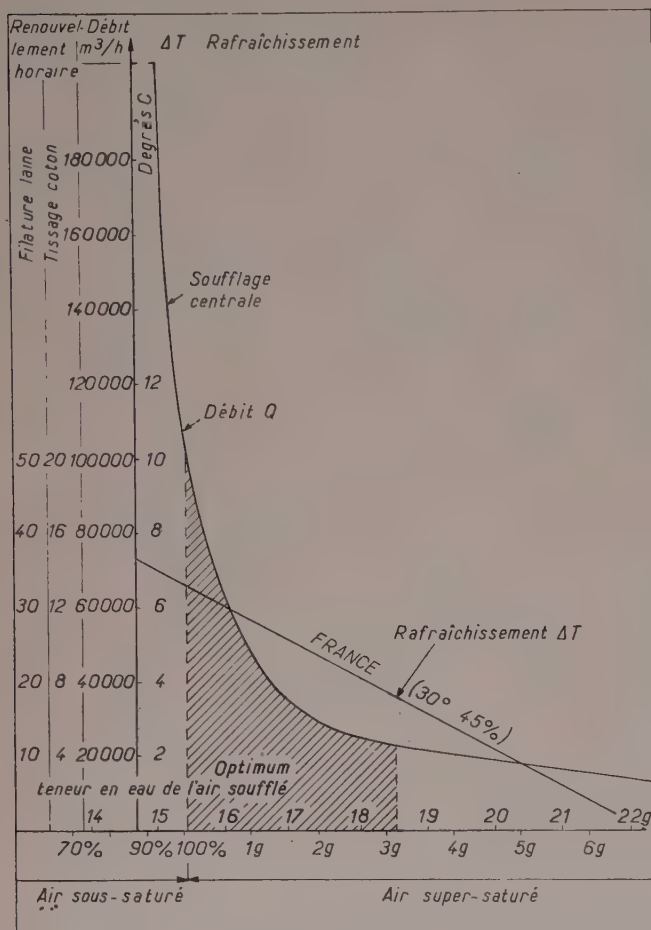


Fig. 26. — Tissage. Salle à forte humidité (88 %).

les variations imposées par l'évolution de la technique dans l'industrie cliente, variations de la puissance installée, modernisation des machines, changement du type de produit utilisé, (par exemple dans l'industrie textile, remplacement des textiles naturels par des textiles artificiels), extension possible des salles, etc....

Les solutions semi-centrales s'adaptent à l'opération industrielle et la libèrent de la tyrannie du bâtiment.

F. — MONOGRAPHIE D'UNE INSTALLATION

Nous retracerons maintenant le schéma d'une installation de conditionnement d'air, réalisée dans une importante usine de finissage de textiles artificiels et synthétiques et, caractérisée par le maintien d'une température et d'une humidité déterminée, et par une épuration de l'air très poussée.

Les conditions à maintenir étaient :

- Humidité 70 %.
- Température minimum en hiver 23°.
- Température maximum en été 27°.
- Filtration de l'air très efficace pour éviter les souillures des fils, par les poussières atmosphériques.

Les conditions de base extérieures pour cette usine, située dans la région lyonnaise, étaient :

— Température minimum d'hiver — 8°.

— Température maximum d'été 30°, avec humidité correspondante de 45 %, soit une température humide maximum de 21°.

La salle comporte un certain nombre de zones ; pour chaque zone ont été installées une ou plusieurs semi-centrales.

Toutes les semi-centrales composant l'installation ont des caractéristiques identiques, qui ont été réparties, en fonction des puissances des machines installées dans les différentes zones.

Le débit d'air conditionné par semi-centrale était de : 40 à 50 000 m³/h réglable en fonction des conditions extérieures.

Chaque semi-centrale comporte :

- Deux moteurs d'une puissance de 15 ch.
- Deux ventilateurs, d'un débit d'air unitaire de 25 000 m³/h.
- Deux batteries de chauffage,
- Deux groupes de filtration d'air ; ces filtres comprennent, pour la plupart des semi-centrales, un préfiltre, du type Multi-Duty, fabriqué en France sous licence américaine, à nettoyage automatique, et un filtre finisseur, constitué d'un certain nombre de vés filtrants, à bourrage de fibres textiles.

Un essai a été fait sur une semi-centrale, en installant un filtre électro-statique, type précipitron, constitué par des cellules électro-statiques classiques. Dans cette semi-centrale, il n'a pas été posé de préfiltre à nettoyage automatique.

Dans chaque semi-centrale la pulvérisation est réglée par un dispositif de pulvérisation mécanique et aérodynamique combiné avec le ventilateur hélicoïde de soufflage et permettant de pulvériser un débit d'eau variable, en fonction de la demande de l'hygrostat, de 0 à 300 l/h par ventilateur.

Le rafraîchissement est obtenu par évaporation de l'eau pulvérisée et introduction d'air extérieur, mais chaque cabine est prévue pour recevoir, éventuellement, une batterie de refroidissement par circulation d'eau froide.

Chaque semi-centrale a évidemment, en plus, une cabine de mélange avec jeu de registres sur l'air repris, commandés par moteurs pneumatiques, et jeu de registres sur l'air extérieur, commandés également par moteurs pneumatiques.

Dans chacune des zones, une cheminée d'extraction, d'un débit variable de 0 à 40 000 m³/h, avec deux ventilateurs d'extraction et registres automatiques, commandés par servomoteurs, est installée.

Le réglage automatique est réalisé, pour chacune des zones, par un poste de régulation automatique, comprenant les éléments suivants :

Pour le réglage de l'humidité :

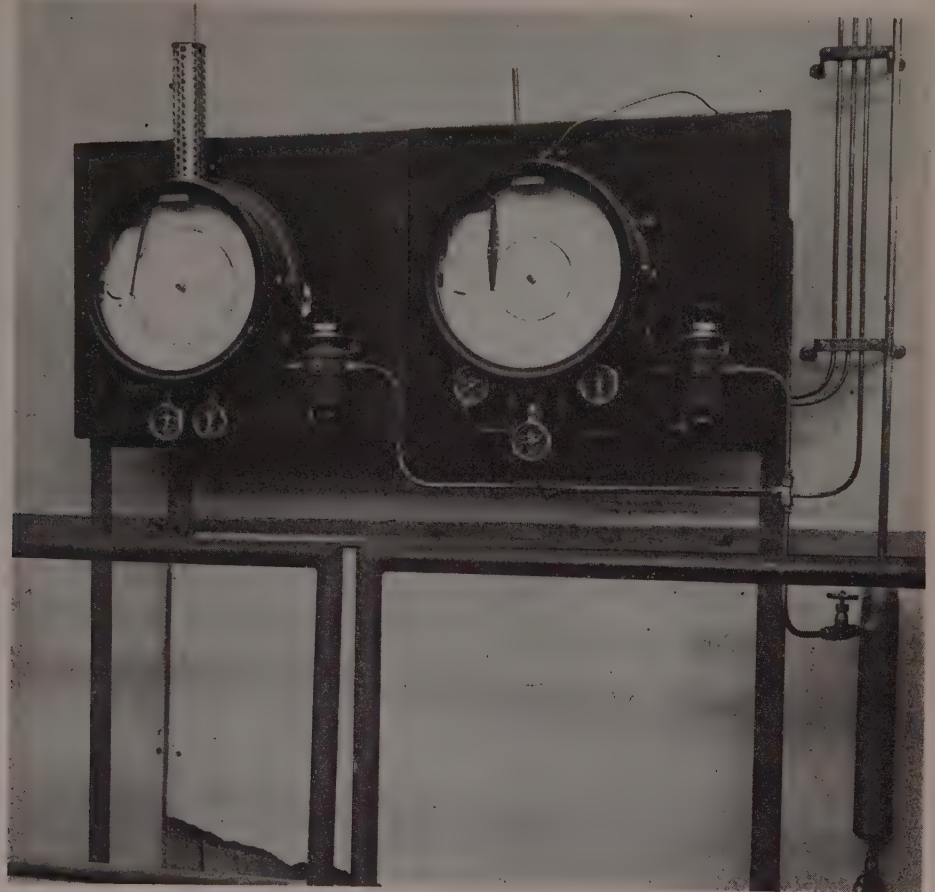
— Un hygrostat proportionnel commandant une vanne automatique réglant le débit d'eau de pulvérisation (fig. 27).

Le principe de la pulvérisation centrifuge mécanique et aérodynamique permet un réglage proportionnel de l'humidité relative, en agissant proportionnellement sur l'arrivée d'eau aux appareils.

Pour le réglage de la température :

— Un thermostat à double effet, pneumatique, qui se comporte comme un double thermostat, l'un contrôlant la température de chauffage, par action proportionnelle sur une vanne automatique d'alimentation en fluide chauffant, et l'autre, proportionnel également, agissant sur les registres, admettant l'air extérieur.

Fig. 27.



Dans ce cas particulier, la déshumidification n'est pas nécessaire, mais dans bien des cas, comme dans les pays de mousson, par exemple, la déshumidification peut être assurée par l'action de l'hygrostat, qui est alors à double effet et, par sa deuxième action, agit au moyen d'un relais, soit sur le fluide chauffant, soit sur la fermeture de l'air extérieur.

Les principaux résultats de cette installation ont été de maintenir une humidité relative constante de 70 %, une température constante à 23° C en hiver et qui, en été, peut être contenue dans des limites raisonnables, la température maximum atteinte étant 27° C.

Enfin, l'installation évite les souillures sur les bobines de fil, pendant leur transformation (fig. 29, 30, 31, 32).

Il est intéressant de comparer la filtration obtenue par l'ensemble préfiltres à nettoyage automatique, type Multi-duty, plus filtres finisseurs, composés d'une épaisseur déterminée de textile, sélectionnés en laboratoire et, d'autre part, par le filtre électro-statique, type précipitron. A la suite d'un certain temps de fonctionnement, l'utilisateur a procédé à des essais et en a tiré la conclusion suivante :

“ Efficacité comparée des filtres électro-statiques et de l'ensemble filtres Multi-duty, filtres à bourrage coton.

Les bobines tournant en différents points de l'atelier ne font apparaître aucune différence d'efficacité entre ces filtres.

Des témoins constitués par des toiles coton installées sur les batteries feraient, au contraire, apparaître un avantage pour l'ensemble pré-filtres-filtres à bourrage coton.

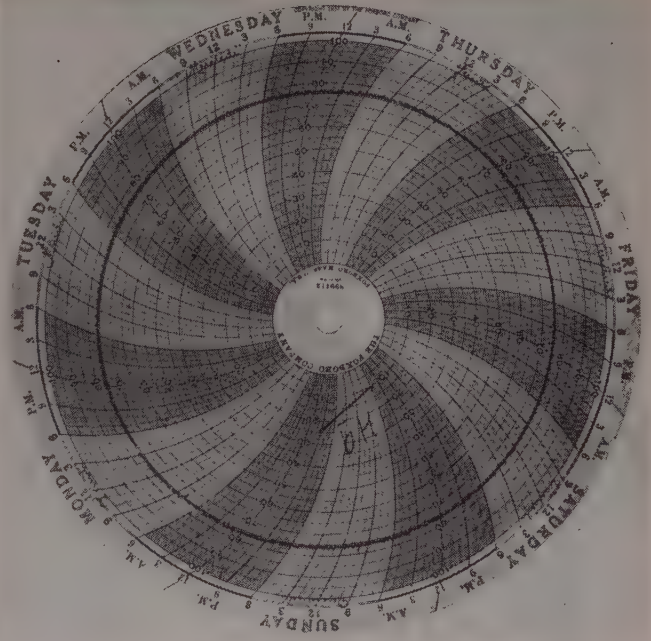


Fig. 28.



Fig. 29.

Entretien.

La durée des filtres de coton est de quatre mois environ. L'immobilisation pour remplacement des filtres à bourrage coton est de une heure environ et le temps nécessaire pour préparer les filtres à bourrage est de sept heures.

Pour les filtres électro-statiques, il y a lieu de prévoir un nettoyage tous les quinze jours, et la durée de nettoyage et l'immobilisation du filtre est de huit heures environ.

Notre service finissage a une nette préférence pour l'ensemble préfiltres-Multi-duty-filtres à bourrage, et c'est la raison pour laquelle nous avons demandé un tel ensemble pour l'équipement de notre cabine suivante.

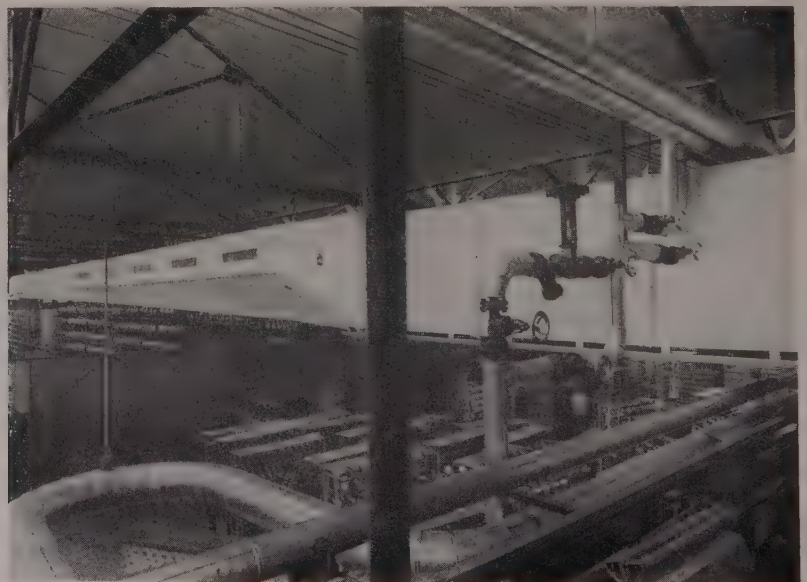
De nombreux autres exemples de réalisations de ce genre peuvent être trouvés dans les archives des différents constructeurs français de matériel de conditionnement de l'air industriel. L'exemple précédent nous paraît cependant intéressant, tant par l'importance de l'installation, que parce que plusieurs constructeurs ont collaboré notamment pour la fourniture des filtres nécessaires.

G. — POSITION DE L'INDUSTRIE FRANÇAISE DU CONDITIONNEMENT DE L'AIR

Pour conclure, nous essaierons, dans la mesure du possible, d'indiquer l'importance des réalisations françaises en conditionnement de l'air industriel et leur position par rapport à l'étranger.

Il est difficile de présenter, d'une façon complète, l'Industrie Française du conditionnement de l'air industriel, étant donné que celle-ci a une structure complexe, et que chacune des sociétés qui en font partie, s'adonne également à d'autres activités, comme le conditionnement d'air domestique, le chauffage, la ventilation, les ventilateurs et les séchoirs. C'est ainsi que les statistiques syndicales n'ont pu être ventilées par types d'activités, et, sur un chiffre d'affaires total de l'ordre de 12 milliards, nous ne saurions dire quelle est la part réservée au conditionnement de l'air industriel.

Fig. 30.



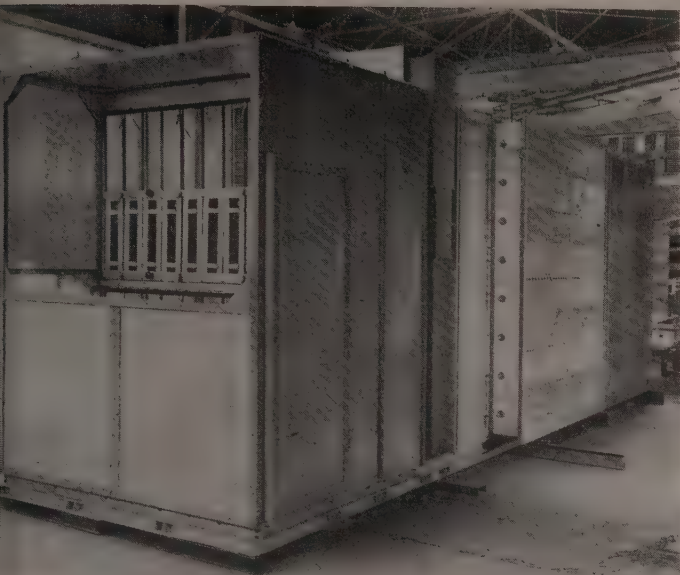


Fig. 31.

Pour situer la position de l'industrie du conditionnement de l'air en France, par rapport à l'industrie étrangère nous pouvons nous reporter aux statistiques officielles des douanes pour l'importation et l'exportation de l'année 1956. Si l'on regarde la spécification : groupes de conditionnement de l'air, on voit que le chiffre d'affaires importé de l'étranger s'est monté à 177 000 000 F en 1956, provenant principalement de Grande-Bretagne, des Etats-Unis, de Belgique, de Suède, et, pour une moindre part, d'Allemagne, des Pays-Bas, et du Danemark.

Le chiffre d'affaires exporté, sous cette rubrique, a été de 176 789 000 F sur les territoires étrangers, avec, comme principaux clients, l'Union Indienne, l'Egypte, le Portugal, l'Argentine, la Grande-Bretagne, la Belgique, etc...

Si l'on ajoute le chiffre d'affaires réalisé dans l'Union Française, qui s'est monté à 179 745 000 F avec, comme principal client l'Algérie, ensuite A.O.F., A.E.F., etc..., le total général des exportations serait donc de 356 000 000 F.

Il est à remarquer que les exportations sur les territoires d'outre-mer intéressent surtout le conditionnement de l'air du confort, plutôt que le conditionnement de l'air industriel. Il faudrait donc l'éliminer.

Il apparaît donc que nos échanges avec l'étranger sont peu près équilibrés : 177 millions d'importés pour 176 millions d'exportés.

Considérons cependant deux détails significatifs :

1) Le matériel importé de l'étranger doit consister surtout en groupes destinés au conditionnement de l'air commercial et de confort ;

2) Sur les 176 millions de matériel exportés, 121 276 414 soit 68,8 % l'ont été par une seule firme. Il s'agit dans ce cas, exclusivement de conditionnement de l'air industriel.

Essaierons-nous de conclure ?

C'est d'abord qu'il est possible d'augmenter assez considérablement les ventes des installations de conditionnement de l'air industriel sur les pays étrangers.

C'est ensuite que c'est dans le domaine du conditionnement de l'air industriel pur, sa spécialité, que la France a une posi-

tion exportatrice et, dans le domaine du conditionnement de l'air commercial et de confort, qu'elle importe surtout.

Parmi ces importations, un certain nombre est destiné à des firmes françaises, licenciées de firmes étrangères, et qui fabriquent une partie du matériel sous licence en important d'autres pièces.

En effet, un certain nombre de firmes étrangères de conditionnement de l'air industriel ont établi des filiales en France. C'est le cas, notamment, de firmes américaines, suisses et suédoises. D'autre part, un certain nombre de licences américaines, suédoises, suisses, allemandes etc... sont exploitées par des firmes spécifiquement françaises.

Par ailleurs, un certain nombre de firmes françaises ont créé des filiales ou cédé des licences à l'étranger. Il semble, cependant, que le nombre de licences cédées par les Français à l'étranger soit plus faible que le nombre de licences étrangères exploitées en France.

Là encore, c'est dans le domaine du conditionnement d'air industriel que la position française est favorable. M. Missenard y retrouverait la conséquence du climat doux dont la France bénéficie, et qui ne l'a pas poussée autant à développer la recherche du confort artificiel.

Les principaux pays concurrents, dans le domaine du conditionnement de l'air industriel, sont l'Amérique, la Suisse, la Suède, l'Allemagne et la Grande-Bretagne. Ces pays sont organisés d'une façon très forte à l'étranger et certaines firmes étrangères, notamment américaines, possèdent des filiales dans beaucoup de pays, notamment en France, avec une organisation très serrée, permettant le contrôle technique et le transfert des documents à ces différentes filiales.

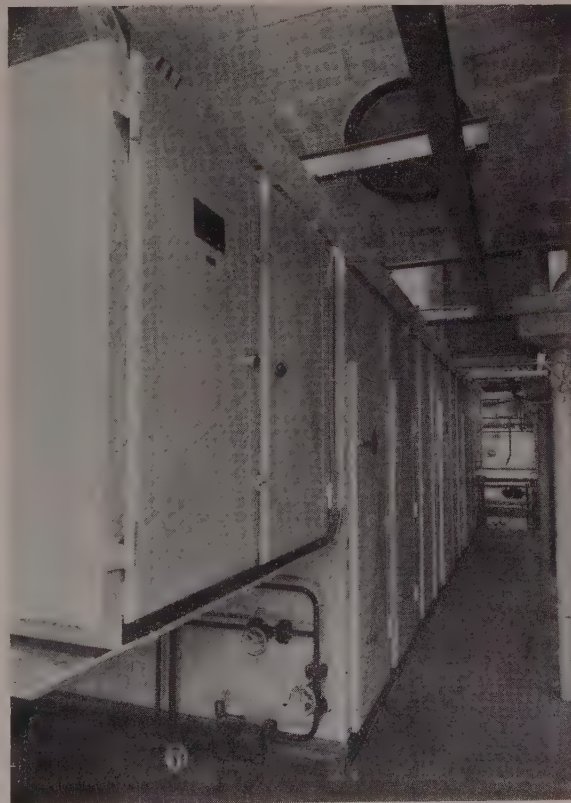


Fig. 32.

Si l'on considère l'évolution du marché dans les prochaines années et notamment l'influence du marché commun sur le développement de l'industrie du conditionnement de l'air en France, on peut souhaiter que l'effort, déjà réalisé par certaines firmes, soit développé et étendu.

Qu'une spécialisation entre les différentes firmes se dessine, qui permettrait à chacune de se consacrer à un nombre limité de problèmes et d'y apporter des solutions lui permettant de s'imposer sur le marché international et, qu'enfin s'affirme une collaboration plus grande entre les différentes firmes françaises. Espérons notamment que, dans le cadre d'accords de spécialisation, chaque firme abandonne le point de vue, malheureusement trop répandu actuellement, où chacun veut le plus souvent tout fabriquer lui-même.

Il serait plus rationnel que quelques-uns se consacrent à la fabrication en série de certains éléments (ventilateurs, filtres...) pour en réduire le prix de revient.

Dans cet ordre d'idée, saluons la naissance du Centre d'Information du Conditionnement de l'air et de Dépoussiérage animé par le président Tunzini dont l'action devrait concourir à renforcer la position de l'industrie du conditionnement de l'air. Parmi les buts du C.I.C.A.D., nous pourrions citer notamment, la documentation de la clientèle, des journées d'études, et la formation des ingénieurs et techniciens. Ce centre permettra peut-être de développer la position exportatrice de la profession du conditionnement de l'air sur les marchés extérieurs et, en même temps, de spécialiser et de former les ingénieurs et techniciens qui permettront, non seulement de développer les techniques déjà mises au point, mais également, de trouver des techniques originales, permettant à la France de se passer, non seulement des importations de matériel étranger dans le domaine du conditionnement de l'air, mais également, dans une certaine mesure, de l'exploitation de licences étrangères.

M. le Président Tunzini. — Nous ne pouvons que remercier M. Blondel de la très intéressante communication qu'il vient de nous faire ; il a fait un tour d'horizon général qui, je crois, vous permettra de voir le champ dans lequel peut évoluer l'industrie française comme l'industrie européenne, de manière à pouvoir faire progresser autant la productivité que l'état humain dans les usines ou dans les bureaux.

M. Blondel a mis l'accent particulièrement sur l'industrie textile et il a prouvé qu'il a là une compétence toute particulière puisque, comme beaucoup le savent, il a fait le tour du monde pour s'efforcer de démontrer dans les différents pays la valeur de l'industrie française en matière de conditionnement d'air dans les textiles.

Il est certain que ce tour d'horizon sur l'industrie textile peut être étendu à beaucoup d'autres industries, ce qui vous démontre la grande valeur du conditionnement d'air industriel.

Vous allez maintenant entendre une communication de M. Piot. Il serait excessif de ma part de vous présenter M. Piot, puisque vous le connaissez tous. Vous le connaissez par ses qualités d'homme d'abord, étant donné son affabilité bien connue dans notre milieu, mais vous le connaissez aussi par les nombreux travaux auxquels il a été mêlé et l'apport scientifique et technique qu'il a donné à sa firme dans la réalisation d'installations extrêmement importantes de conditionnement d'air ; vous en avez eu un exemple à la Faculté de Médecine.

Conditionnement d'air

LE CONDITIONNEMENT D'AIR DES SALLES D'OPÉRATIONS

par M. M. PIOT

Ingénieur des Arts et Manufactures.

La nécessité de conditionner l'atmosphère d'une salle d'opérations n'est pas à démontrer. Il suffit d'y pénétrer, pendant ou immédiatement après une intervention pour s'en rendre bien compte.

La chaleur, l'humidité, les odeurs diverses constituent l'ambiance dans laquelle le chirurgien et ses assistants ainsi que le malade doivent séjourner pendant un temps plus ou moins long et, parfois, pendant plusieurs heures.

D'années en années, les techniques opératoires permettent de réaliser des interventions d'une durée de plus en plus longue et les conditions d'hygiène s'y trouvent d'autant plus aggravées que les salles d'opérations ont généralement diminué de hauteur pour permettre l'installation d'un étage dit de survision nécessaire à l'enseignement, et dont d'ailleurs elles sont entièrement séparées, ou bien par le fait que, de plus en plus, ces salles ne comportent pas de fenêtres, sont situées dans des étages quelconques, parfois même en sous-sol. Il faut même envisager le cas où, en plus des opérateurs normaux, des observateurs, quelquefois nombreux, sont admis.

L'utilité du conditionnement, avec apport d'air extérieur, a toujours été reconnue mais tant que des solutions n'avaient pas été trouvées pour rendre l'air stérile, il était impossible d'envisager un mouvement d'air autour du malade.

La découverte des antibiotiques a laissé un instant espérer que la pureté de l'air n'avait pas d'importance et qu'il suffisait de traiter le malade avant de l'opérer. Il a été constaté que cette solution privait le médecin, dans sa lutte contre les microbes, d'une arme efficace qu'il était préférable de conserver pour les cas de complications post-opératoires.

En dehors de ce problème microbien, il existait, en matière de conditionnement, une question « bruit », celui-ci étant susceptible de troubler l'ambiance de silence et de calme qui doit régner dans la salle d'opérations.

Les progrès réalisés depuis quelques années, tant au point de vue stérilisation de l'air que silence ou insonorisation des appareils, permettent d'effectuer des installations de conditionnement d'air donnant, sous ces aspects, toutes satisfactions et garanties au chirurgien.

Un autre but se trouve en outre atteint. C'est l'élimination des dangers d'explosion provoqués par l'usage d'anesthésiques gazeux, inflammables parfois sous la seule influence de décharges d'électricité statiques. Des statistiques américaines et anglaises révèlent que ce dernier danger n'est pas un mythe.

Il va sans dire que le danger banal dû au renversement accidentel de liquides volatils se trouve lui aussi écarté.

A ce sujet, il est bon de signaler, qu'un règlement en préparation, se propose de recommander les installations de conditionnement dans les salles d'opérations en imposant un minimum de renouvellement d'air neuf pour tenir compte, en particulier, du niveau assez bas du seuil d'inflammabilité des vapeurs d'éther dans l'air.

Il faut également penser aux possibilités d'émissions intempestives ou de fuites de certains gaz : oxygène ou autres, qui peuvent, dans le local clos d'une salle d'opérations, amener l'atmosphère à une teneur nocive pour l'organisme.

Puisque le conditionnement des salles d'opérations n'est, en principe, concevable qu'avec un apport d'air neuf, nous sommes naturellement amenés à parler d'abord des méthodes qui permettent de le rendre pur et stérile.

Ces méthodes de stérilisation de l'air sont nombreuses et sont basées sur l'action d'agents physiques ou chimiques sur les bacilles.

De toutes les substances chimiques ayant un certain pouvoir microbicide et pouvant être diffusées dans l'air, nous ne retiendrons que « les huiles essentielles », les hypochlorites, l'ozone et l'aldéhyde formique.

RÉSUMÉ

Les conditions actuelles d'utilisation des salles d'opérations et l'élimination des dangers d'explosion en cas d'emploi d'anesthésiques gazeux imposent le conditionnement avec apport d'air stérile.

Après avoir passé en revue les méthodes chimiques et physiques permettant d'obtenir un flux d'air pur et stérile, l'auteur étudie la question de son emploi en vue d'obtenir les conditions climatiques désirables pour le confort de l'opéré, du chirurgien et de ses aides et l'élimination des vapeurs toxiques. Il décrit enfin les dispositions générales à prendre pour la construction des salles d'opérations et l'équipement de leur installation et conditionnement.

SUMMARY

The existing conditions of utilization of operating rooms in hospitals and the elimination of explosion hazards when using gaseous anaesthetics make it necessary to supply sterile air for the conditioning.

After a review of the chemical and physical methods for obtaining a pure and sterile air flow, the author studies the problem of its utilization in order to obtain the climatic conditions desirable for the comfort of the patient, of the surgeon and of his assistants, and for the elimination of toxic vapours. He finally describes the general arrangements to be taken for the construction of operating rooms and for the equipment of their air conditioning plant.

Les huiles essentielles ou produits aromatiques de certains végétaux (conifères, benjoin, eucalyptus, giroflier) ont parfois un pouvoir microbicide assez élevé pour certains germes, et seulement un pouvoir antiseptique pour d'autres, dont ils n'empêchent le développement que d'une façon passagère.

Les hypochlorites sont microbicides par le chlore qu'ils dégagent. Bien que ne paraissant pas toxiques pour l'homme, ils ne sont pas employés en raison de leur odeur irritante et de leur action corrosive sur les métaux. Cette action est d'autant plus grande que le degré d'humidité est élevé. D'autre part, leur persistance pratiquement nulle rend indispensable une pulvérisation continue.

L'ozone a, en plus de son odeur caractéristique, l'inconvénient d'exiger, pour être effectivement bactéricide, une concentration qui peut arriver à être toxique pour l'homme.

L'aldéhyde formique ou formol agit par ses réactions sur les protéines. Il est injecté dans le local saturé d'humidité; après plusieurs heures de contact, il est neutralisé par une émission d'ammoniaque. Il est possible, à nouveau, chimiquement, par de l'acide tartrique d'éliminer l'excès d'ammoniaque. Ce procédé donne d'excellents résultats, mais il a l'inconvénient de rendre le local inutilisable pendant plusieurs heures. En outre, il abîme certains métaux, et surtout il demande un soin tout particulier de la part du personnel qui est appelé à l'utiliser.

En général, les moyens chimiques sont peu employés en raison, soit de leur faible pouvoir bactéricide, soit de leur odeur, soit de leur action corrosive sur les métaux, soit par leurs effets irritants sur l'homme.

Par contre, les agents physiques plus utilisés méritent d'être tous passés en revue.

La chaleur, de préférence humide, détruit à 120° les spores, alors que la chaleur sèche demande 180°, dans le four Pasteur.

La stérilisation par la chaleur demande donc une grosse fourniture de calories, puis de frigories; de plus, ce procédé ne détruit pas les poussières, il les transforme en un produit carbonisé, comparable au coke.

Le froid n'a pratiquement pas d'effet stérilisant et il est même utilisé pour conserver les souches microbiennes.

La lumière a un effet bactéricide nul, moyen ou maximum suivant les divers rayons du spectre. L'action la plus forte est obtenue par les vibrations de 2 540 à 2 800 angstrom de longueur d'onde, ce sont les ultra-violets. Néanmoins, quelques spores paraissent résister et les microbes sont protégés par une humidité dépassant 60 % ou lorsque la teneur en poussière est élevée.

Le technicien américain Hollaender dit :

« Il faut situer la protection des ultra-violets dans le cadre des autres mesures sanitaires : propreté générale, diminution des poussières, produits chimiques, et, comparés aux autres mesures, les ultra-violets ne font pas bonne figure ».

La dessiccation et la pression méritent à peine d'être citées, leur application à l'air étant impossible.

L'électricité sous forme de courant électrique, n'a pas d'influence marquée sur les microbes. Mais ceux-ci ayant une charge électrique négative, il est possible d'utiliser la haute tension.

Les poussières et les microbes sont arrêtés dans une assez forte proportion. L'inconvénient majeur de ce procédé est la possibilité du décrochage des amas de poussières qui sont alors remis en circulation par le courant d'air. Il a été envisagé d'éviter cet inconvénient par un filtre grossier. Néanmoins, l'arrêt n'est pas absolu et l'efficacité n'est pas constante.

Les ultra-sons fragmentent les microbes et permettent, avec une installation très puissante, de les désintégrer. Un certain avenir est peut-être promis à ce procédé lorsque les divers inconvénients existant encore pourront être éliminés.

La sédimentation est utilisée, soit sous forme de vapeur d'eau, soit de pulvérisation de glycol. L'effet bactéricide des différents glycols est faible et c'est bien un collage qui se produit. Ce procédé nécessite une atmosphère humide et a l'inconvénient de précipiter sur les parois et d'enduire tout d'une couche gluante qui demande de fréquents lavages à l'alcool.

De plus, les glycols ont une odeur caractéristique assez gênante.

La vapeur d'eau précipite également les microbes sur les parois où les colonies subsistent et peuvent facilement être remis en circulation dans l'air dès que celui-ci est moins humide.

Le filtrage, suivant la finesse du médium utilisé permet l'arrêt des poussières et des microbes.

Il est à remarquer que l'action des filtres bactériens ne se ramène pas à une simple action mécanique. Il faut tenir compte, surtout, de la propriété d'absorption de la couche filtrante, de la charge électrique des bactéries.

Avec un médium spécialement étudié et contrôlé, il est possible d'avoir de l'air totalement débarrassé de poussières et de microbes. Cet air propre et pur, introduit dans la salle, dilue ce que peut contenir l'air de la pièce à traiter. Une dilution au 1/10 est obtenue en moins d'une demi-heure, lorsque le mouvement d'air atteint cinq fois le volume à l'heure.

Les papiers spéciaux étrangers (anglais ou américains) ne dépassent pas un rendement de 94,5 % avec des aérosols de 0,3 μ dont 3 % en poids de 0,1 μ , ce qui ne donne pas une sécurité suffisante pour le filtrage des microbes.

Les papiers français arrivent à un rendement de 99,95 %, ce qui peut être considéré comme satisfaisant pour le filtrage bactériologique.

Ayant examiné les différents moyens de préparer avec sécurité un flux d'air pur et surtout stérile, nous pouvons maintenant aborder la question de son emploi pour l'obtention des conditions climatiques désirables.

Dans le cas des salles d'opérations, on cherche à réaliser :

- Le confort de l'opéré;
- Le confort du chirurgien et de ses aides;
- L'élimination des vapeurs toxiques.

L'opéré, recouvert de couvertures de laine, parfois réchauffé par des bouillottes, est généralement à maintenir dans une ambiance de 25°C. Il est à remarquer que, sur ce chiffre, l'opinion des chirurgiens est quelque peu variable. Notamment, depuis quelques années, on peut noter des recherches pour opérer à des températures plus basses, c'est « l'hibernation ».

Le chirurgien et ses aides ont besoin d'une température de l'ordre de 25° C. Mais, en raison de la fatigue ou de la tension nerveuse, l'opérateur peut passagèrement avoir besoin d'une température plus basse, de l'ordre de 22° C.

En ce qui concerne le chirurgien et ses aides, ils sont nécessairement dans l'ambiance de la salle d'opération, c'est-à-dire en général 25° C, comme nous venons de le dire. Mais dans bien des cas, les efforts physiques qu'ils sont amenés à déployer, la fatigue ou la tension nerveuse leur font vivement souhaiter un niveau de température moins élevé, ce qui est, en général, considéré comme trop bas pour le malade.

Il est cependant assez facile de leur donner une certaine satisfaction en abaissant l'état hygrométrique aux alentours de 40 %, ce qui est de nature à donner satisfaction aux opérateurs dans les cas où des efforts physiques importants les amènent autrement à souffrir d'une transpiration abondante.

A cet égard, une expérience, faite dans le service de neuro-chirurgie d'un grand hôpital parisien, s'est révélée concluante.

Malheureusement, les conditions de sécurité imposent une humidité légèrement supérieure : 50 à 60 %. Les dangers d'explosions sont pratiquement écartés à cette humidité ou plus exactement l'électricité statique s'accumule plus difficilement.

Un compromis peut être assez facilement trouvé entre ces deux exigences en augmentant le débit d'air neuf qui réduit sensiblement ces derniers dangers.

Aucun chiffre valable ne peut être donné à ce sujet, il faudra un certain temps pour qu'une expérience suffisamment étendue permette de tirer des conclusions.

Dans l'étude d'une installation de conditionnement, comme dans toute autre, il devrait toujours être fait une balance entre les frais de réalisation et d'exploitation.

Sous l'angle de la réduction de ces derniers, certaines précautions sont de mise :

Une bonne isolation thermique est à rechercher pour économiser les calories et surtout les frigories qui sont d'un usage plus continu et des plus onéreux, car la machine frigorifique fonctionne en pratique neuf mois par an.

Dans le cas des salles d'opérations, certaines précautions doivent être prises pour la construction :

vitrages doubles, pièces au nord et, si possible, dans les étages inférieurs, parois bien isolantes. De plus, il y a lieu de se protéger contre deux sources importantes de chaleur, l'une provient de la salle de stérilisation, c'est une question en général, de plan d'architecture, qui doit s'efforcer, dans la mesure du possible, d'éloigner un tel équipement ou de l'isoler convenablement en lui-même, mais par ailleurs, l'isolement des parois des locaux contigus aux salles d'opérations, s'il en est, s'impose ; l'autre source, dans le cas de salles à rez-de-chaussée, est la présence en sous-sol de tuyauteries, canalisations, réchauffeurs, etc... qu'il est impératif de faire passer ailleurs, quand on le peut. Dans ce cas et faute de mieux, on devra isoler soigneusement les planchers.

Sous ce rapport, on peut dire, dans tout ce qui concerne l'équipement des salles d'opérations, que là comme ailleurs, une bonne isolation des parois est utile et généralement payante.

La variété des climats, des plans et des désirs des utilisateurs n'ont pas permis d'avoir des réalisations-types, entièrement préfabriquées. Chaque cas est un cas particulier qui implique d'être traité spécialement. Il est toutefois à signaler que des cellules opératoires standardisées ont été étudiées par certains qui permettent, dans une certaine mesure, la fabrication en petite série, et s'appliquent assez bien si l'architecture du bâtiment veut bien s'y prêter.

La réalisation de la majorité des conditionnements implique la machine frigorifique, car il est assez exceptionnel que l'on puisse disposer, en toute saison, d'eau assez froide et en quantité suffisante.

Si la puissance frigorifique est assez faible, c'est-à-dire inférieure à 4 à 5 000 frigories environ, le compresseur peut, en général, sans inconvénient, être placé à proximité de la salle d'opérations.

Si elle est d'un ordre de grandeur supérieur, il est nécessaire de l'éloigner (généralement en sous-sol) pour se préserver du bruit.

En ce qui concerne l'apport d'air neuf, la prochaine réglementation, comme je l'ai dit précédemment, doit imposer le taux minimum de renouvellement que l'on admet comme suffisant pour évacuer les mélanges explosifs.

Le schéma général du mouvement d'air comprend, en général, la prise d'air, le réchauffage et le filtrage, le ventilateur

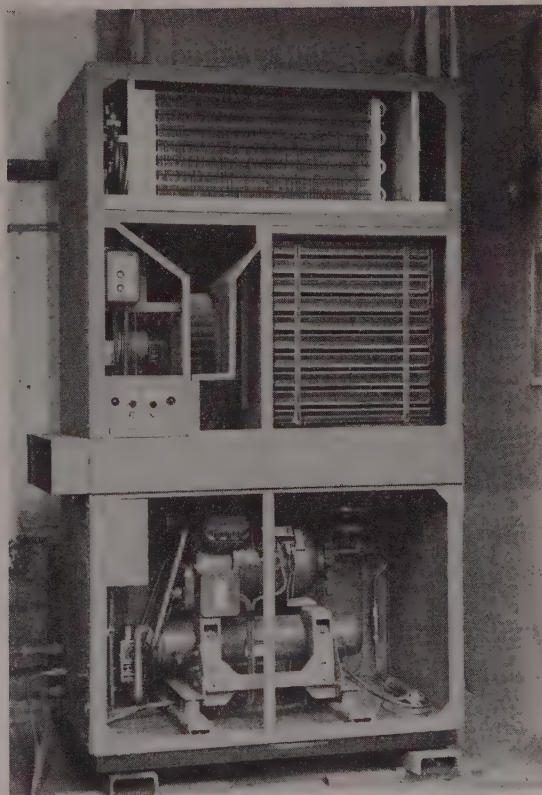
étant intercalé entre réchauffage et filtrage. Si un rafraîchissement est désiré, il est fait emploi, en plus, soit d'une batterie froide, soit d'une cabine de pulvérisation précédant le ventilateur, la cabine de pulvérisation est elle-même, soit précédée d'une batterie primaire, soit munie d'un échangeur chaud et d'un échangeur froid. En d'autres termes, le traitement de l'air consiste à abaisser l'air au point de rosée et à le réchauffer ensuite.

On ne réalise, en général, pas de recyclage, la quantité d'air neuf minimum étant, si les précautions voulues d'isolement des parois sont bien prises, suffisante pour véhiculer la chaleur ou le froid requis, à des niveaux suffisamment peu différents de celui de l'ambiance à obtenir.

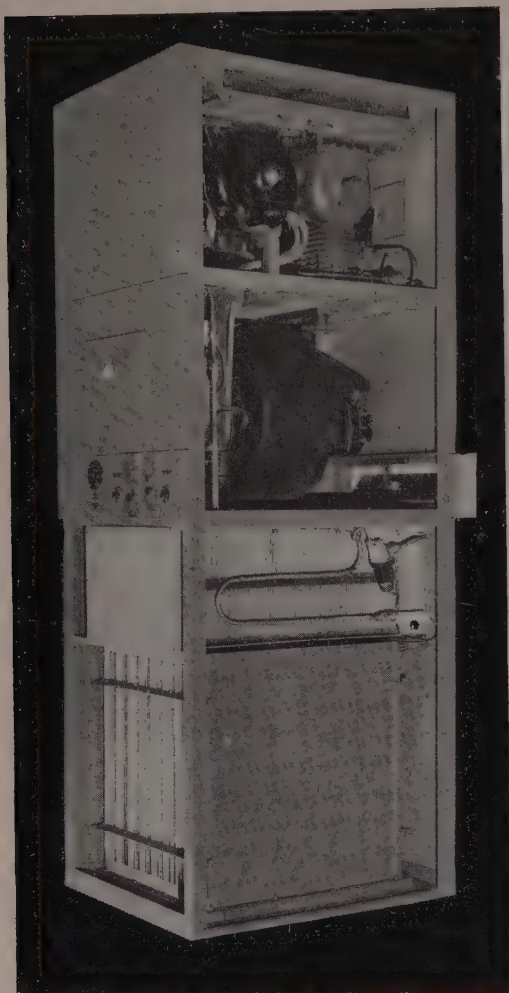
Tout cet appareillage peut, dans la généralité des cas, se condenser dans un bloc genre armoire, construit et équipé en atelier et pouvant être fabriqué en série. Si la pratique du conditionnement se généralise, ces séries deviendront suffisamment importantes pour qu'il en résulte un abaissement appréciable de leur prix. Il reste sur place à opérer les raccordements à la prise d'air, aux conduits de soufflage, à l'électricité, éventuellement au fluide chaud disponible, à l'eau pour le condenseur et à son évacuation.

La place d'un tel bloc n'est pas dans la salle d'opérations, mais elle peut être dans un local contigu.

Les gaines de soufflage doivent être les plus courtes possible entre l'épuration bactériologique et la bouche d'émission. Ceci permet leur désinfection dans le cas assez fréquent de contamination de la salle d'opérations ou de réinfection secondaire. Cette désinfection réalisée par un procédé chimique



Bloc de conditionnement à détente directe avec machine frigorifique incorporée (bloc hermétique).



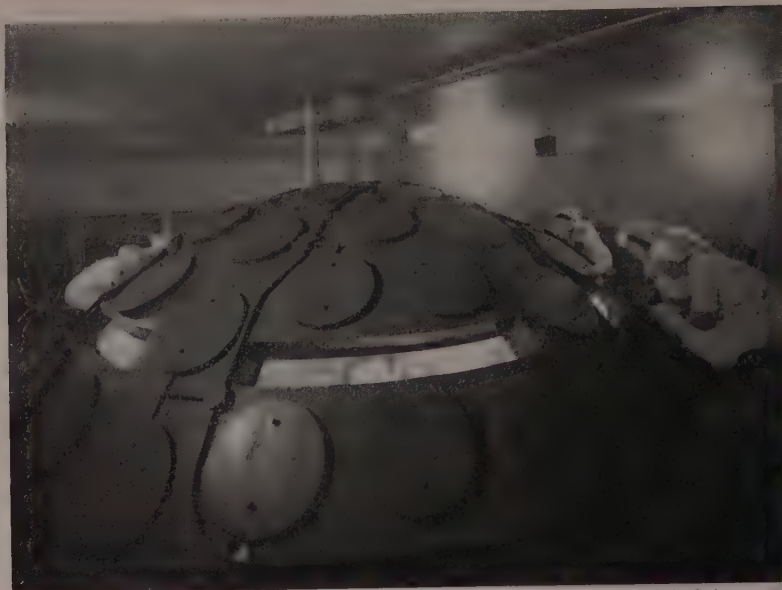
Bloc de conditionnement à détente directe avec machine frigorifique incorporée.

nécessite des gaines en tôle qu'il est bon de prévoir galvanisées et, si possible, peintes intérieurement avec une peinture bien lisse.

On ne peut que rejeter l'usage de gaines plucheuses, en fibres de bois qui sont de véritables nids à microbes et que le futur règlement auquel j'ai fait allusion précédemment, doit interdire pour des raisons de sécurité d'incendie.

Le choix des emplacements des orifices de soufflage et d'évacuation d'air pose des problèmes délicats. Il est dangereux de remuer par le courant d'air les poussières qui sédimentent sur le sol et, d'autre part, les gaz ou vapeurs explosives sont volatils et selon leur densité, se rassemblent les uns aux points hauts, les autres aux points bas.

Il faut également tenir compte de la forme de la salle qui peut être équipée par une voûte ou un plafond décroché dans le cas d'étage de surveillance.



(Photo Boiron.)

Salle de surveillance au-dessus d'une salle d'opération. Gaine d'évacuation d'air vicié.



(Photo Boiron.)

Salle d'opération. La bouche de soufflage est visible au-dessus de la porte du fond.

Il faut, en outre, tenir compte des désirs des opérateurs, qui sont assez variés, puisque nous avons vu l'un d'eux et non des moindres, demander que le courant d'air froid soit dirigé sur lui-même.

On ne peut donc donner d'indication générale sur l'emplacement optimum des bouches d'émission, celles-ci dépendant à la fois des dispositions des lieux et des désirs de ceux qui les occupent.

Cependant, on peut dire que la disposition qui consiste dans une salle munie d'une galerie de vision, à souffler du plafond verticalement, et au ras des murs, a donné de bons résultats. Ceci n'est possible que parce que personne ne stationne le long des murs, et qu'il n'y a, en général, aucun mobilier important qui y soit adossé.



Groupe opératoire d'urgence.
Table de chirurgie orthopédique.



(Photos Cheraïm.)

En ce qui concerne les dispositifs d'évacuation il est nécessaire, étant donné l'usage qui est fait de gaz lourds comme anesthésiants, qu'ils soient répartis à la fois en partie haute et en partie basse.

Telles sont les grandes lignes des installations de conditionnement telles qu'il en est actuellement réalisées dans de nombreuses cliniques ou hôpitaux nouveaux ou transformés.

Elles peuvent, en général, se réaliser assez facilement dans ce cas. Mais il est beaucoup plus difficile de le faire et parfois impossible dans certains locaux existants ou dont on n'envisage pas de transformations de quelque importance.

A ce sujet, je voudrais souligner que l'emploi pur et simple d'appareils qui, bien qu'appelés conditionneurs à l'étranger, ne sont que des producteurs de froid agissant entièrement en air recyclé et dont le filtrage rudimentaire n'a rien de bactériologique, ne saurait rem-

placer une installation du genre que je viens de vous décrire.

On peut raisonnablement conclure que le conditionnement qui, il n'y a pas si longtemps, était quelque chose d'insolite pour les salles d'opérations, a apporté une amélioration considérable à l'ambiance.

Il a réduit la fatigue des chirurgiens, surtout dans le cas d'opérations consécutives ou de longue durée. Des résultats substantiels ont été obtenus dans ce sens.

Ce genre d'équipement a ainsi, pour une part évidemment très faible, mais non négligeable, concouru au progrès de la technique opératoire et contribué, pour sa modeste part, à l'amélioration de la santé et de la sécurité des malades.

A ce point de vue, il reste à souhaiter qu'il se multiplie et se généralise dans toutes les salles d'opérations des hôpitaux et des cliniques.

Groupe opératoire d'urgence. Local technique en sous-sol.

M. le Président Tunzini. — Vous avez été certainement très intéressés par la communication que vient de vous faire M. Piot. Elle souligne que dans le développement que doit avoir l'organisation hospitalière en France et en Europe, le conditionnement de l'air est appelé aussi à jouer un très grand rôle.

Les conseils que vient de donner M. Piot en matière d'équipement sont à retenir et j'espère que les ingénieurs qui sont chargés d'établir les projets et de critiquer quelquefois, souvent même, les suggestions que leur font les spécialistes, permettront de réaliser vraiment des équipements hospitaliers de grande valeur. A ce point de vue, il faut reconnaître que la France occupe une place particulière dans le développement de l'équipement hospitalier des locaux opératoires, en matière de conditionnement d'air.

Nous devions avoir une communication sur les possibilités de développement du conditionnement d'air industriel. Cette communication ne nous étant pas parvenue, elle se trouvera remplacée cet après-midi par celle de M. Raussou sur l'application des matériels de régulation électronique aux problèmes de réglage de commande automatique et à ceux des sécurités des installations de conditionnement d'air industriel.

Je crois que le groupement des trois communications de cet après-midi qui viendront compléter sous un aspect différent les présentations qui vous ont été faites ce matin, permettra d'avoir ainsi une vue d'ensemble sur ce qu'est le conditionnement d'air industriel.

Je voudrais que nous ouvrons maintenant un débat sur les communications qui viennent d'être faites et que vous puissiez les uns et les autres nous donner le sentiment que vous pouvez avoir sur l'intérêt du conditionnement d'air industriel.

Nous étions habitués, avec le Président Missenard à des querelles assez sévères sur la technique de ces installations ; il y a un certain nombre d'années de cela ! Je voudrais bien, qu'aujourd'hui encore, nous puissions assister de l'autre côté de la barricade aux querelles que vous pourrez avoir entre vous.

DISCUSSION

M. MARCQ. — A propos de la communication de M. PIOT, je voudrais demander ceci : en Belgique, pour le conditionnement des salles d'opération, on est loin d'avoir une doctrine bien établie. Quand je parle de doctrine, ce n'est pas tellement au point de vue technique, mais surtout au point de vue de la détermination des conditions à obtenir, en particulier en ce qui concerne la stérilisation.

Certains médecins, et non des moindres, prétendent que la stérilisation de l'air que l'on introduit dans le local n'est pas tellement importante, car dès que le médecin et ses assistants, ainsi que le malade entrent dans la salle, ils y apportent bien plus de microbes que la pulsion d'air, même avec une filtration modeste, peut amener.

Je n'ai évidemment pas moi-même d'opinion personnelle sur ce problème qui n'est pas de ma compétence, mais je voudrais savoir si, en France, on a fait des essais bactériologiques sur ce problème.

M. PIOT. — Les désirs des chirurgiens sur les conditions à obtenir ne sont pas encore en réalité très fixés; certains demandent qu'on insuffle de l'air stérile.

M. MARCQ. — L'air ne reste stérile que lorsqu'il n'y a personne dans le local.

M. PIOT. — D'autres n'attachent pas tellement d'importance à la stérilisation de l'air. Je connais un hôpital de l'Assistance Publique à Paris où les salles d'opération ne sont pas spécialement conditionnées et où l'on introduit des assistants, ou plus exactement des spectateurs au nombre d'une cinquantaine! Évidemment, on est un peu sceptique sur le résultat obtenu; mais en général, la tendance est à la réalisation d'une ambiance aussi stérile que possible.

On ne peut arriver à la stérilité absolue, puisque chaque mètre cube d'air stérile mélangé aux 100 ou 150 m³ de la salle, va permettre de réaliser une teneur microbienne qui va décroître logarithmiquement jusqu'à une asymptote qu'elle n'atteindra jamais, mais on considère que ces conditions sont acceptables.

Quant à la fixation réelle des conditions sur la température et l'état hygrométrique, la plus grande fantaisie règne. Dans beaucoup de cas il faut dire que bien des gens — et pas seulement les médecins — ne savent pas ce que signifie l'état hygrométrique; quand vous demandez ce que cela veut dire, on vous répond n'importe quoi ou des choses qui sont contradictoires suivant la manière de les aborder.

M. MARCQ. — Vous dites qu'un règlement est en préparation en ce qui concerne le conditionnement des salles d'opération; je voudrais savoir si on a déjà une idée du taux de renouvellement d'air neuf. En Belgique, le Ministère de la Santé Publique demande dix renouvellements par heure.

M. PIOT. — Le taux prescrit ne constitue pas un renouvellement honoraire, mais un volume d'air neuf minimum à introduire; il a été calculé en vue d'abaisser au-dessous du seuil d'inflammabilité les vapeurs d'éther qui se dégagent normalement dans une salle d'opération. On écarte d'ailleurs en même temps les risques d'explosion que provoque l'éther et l'on élimine également ceux dus aux vapeurs de cyclopropane qui est l'anesthésique à la mode.

Il y a en Amérique et en Angleterre des exemples d'explosions de cyclopropane ou d'éther qui ont été provoquées par l'électricité statique dégagée par le frottement des couvertures ou des vêtements.

M. MARCQ. — Je pense que dans les réglementations américaines des Associations de Compagnies d'assurances, le simple renouvellement de l'air, même à raison de dix fois par heure, comme celui qu'on a fait chez nous ne suffit pas; il faut prendre bien d'autres précautions; il y a toute une série de mesures de sécurité prescrites par les Compagnies d'assurances.

J'aurais une troisième question à poser : vous parlez à propos des papiers filtrants utilisés d'un rendement de 99, 95 %, obtenus avec des papiers français.

Je voudrais savoir par quelle méthode de mesure ce rendement est déterminé et pour quel genre de poussières?

M. PIOT. — Cette méthode est issue de la technique des masques à gaz et concerne les poussières très fines; l'efficacité mesurée au moyen de la projection d'une buée de vapeur de bleu de méthylène en amont est bonne lorsqu'on ne trouve aucune trace de bleu de méthylène en aval.

M. MARCQ. — Cela a été standardisé en Angleterre.

M. PIOT. — Des traces absolument infimes se décèlent avec facilité; c'est une méthode colorimétrique.

M. MARCQ. — Quelle est la perte de charge?

M. PIOT. — 5 à 10 mm.

M. MARCQ. — Je voudrais encore attirer l'attention sur un point particulier aux salles d'opération; pour le chirurgien comme pour le malade, s'ajoute à l'effet de la température des parois, l'effet du rayonnement des appareils d'éclairage qui, dans certains cas, peut donner lieu à des différences appréciables de confort dans la zone de travail. J'ai déjà fait des mesures avec le thermomètre résultant de M. MISSENARD et dans certains cas, on arrive à des élévations anormales de température, et dans d'autres cas on obtient à 2 ou 3° C près la température résultante que l'on mesurerait ailleurs dans la salle d'opération.

M. PIOT. — Ceci est une question qui concerne le dispositif d'éclairage dont les inconvénients peuvent être évités par une disposition intelligente.

M. MARCQ. — Celui qui s'occupe du conditionnement doit également s'en préoccuper.

M. MONDIN. — La question évoquée au sujet de la souillure introduite dans les salles d'opération par les gens qui y pénètrent et qui serait supérieure quelquefois à l'avantage qui résulte du conditionnement d'air est analogue à peu près à celle qui se passe dans les arsenaux quand on crée des salles isothermes où on veut faire des mesures de laboratoire au micron ou au demi-micron; l'introduction dans la salle isotherme du mécanicien de précision avec ses calories personnelles diminue ou augmente la température qui a été prévue pour la salle isotherme.

Je ne veux pas dire que le conditionnement de l'air ne soit pas négligeable, mais il ne faut pas minimiser l'importance de ce phénomène en gardant un certain esprit critique en la matière.

M. MARCQ. — Mon observation ne visait que la stérilisation de l'air et non l'utilisation du conditionnement d'air pour le confort de l'opérant et de ses aides, et du malade; ce sont deux choses différentes.

M. MISSENARD. — Je voudrais, avec la permission du Président, dire un mot pour montrer que cette dualité entre la matière première, si j'ose m'exprimer ainsi, et l'opérateur se retrouve dans la plupart des problèmes de conditionnement. La matière première, qu'il s'agisse de textile ou d'un malade, requiert des conditions optima qui sont différentes de celles requises pour l'opérateur, à savoir tantôt l'ouvrier, tantôt le chirurgien. Il faut donc réaliser un compromis entre ces conditions différentes. Or, dans une opération chirurgicale il semble bien que la maîtrise du praticien importe plus que l'influence des conditions ambiantes sur la résistance physique du malade.

Et c'est pourquoi, quand nous avons cherché, avec Carrel, à définir les conditions climatiques les plus favorables dans les salles

d'opérations, nous avons constaté une très grande dispersion de la température et de l'humidité demandées par les chirurgiens suivant leur propre tempérament. Certains, en effet, supportent des températures relativement élevées pour le plus grand bénéfice de l'opéré, alors que d'autres, au contraire, exigent des températures modérées pour rester en puissance de tous leurs moyens.

M. LE PRÉSIDENT TUNZINI. — M. PIOT rappelait qu'un cahier des charges pour la réalisation des installations dans les salles d'opérations était en préparation; nous nous permettrons de dire que nous sommes toujours inquiets quand on voit apparaître des cahiers des charges qui sont réalisés par des techniciens auxquels s'ajoutent des personnes qui ne sont pas particulièrement averties des problèmes, ni des moyens pour réaliser la solution de ces problèmes; des difficultés sont ainsi soulevées qui seraient beaucoup plus avantageusement résolues si le soin était laissé aux seuls techniciens de rédiger leur propre cahier des charges.

M. PIOT. — Je vous répondrai que vous pouvez avoir tous apaisements à ce sujet car la commission qui doit s'occuper de ces travaux est composée de deux personnes qui sont ici dans la salle; elles ont une compétence et un bon sens indiscutables. Le règlement en question sera simple et laissera une liberté de faire ce que l'on voudra à condition qu'il y ait un minimum de prescriptions observées.

M. DUPUY. — Au sujet du chirurgien, il y a quelque chose dans la rédaction de la communication de M. PIOT qui n'est pas très net, c'est la température désirable; M. PIOT nous dit d'abord que malade et chirurgien ont besoin de 25° C, mais si je comprends bien, d'après ce qui est dit ensuite, c'est pour le chirurgien plutôt un maximum, alors que pour le malade, ce serait plutôt un minimum.

On le voit d'ailleurs plus loin, certains chirurgiens désirant ne pas avoir trop chaud demandent qu'on leur insuffle de l'air, tandis que le malade ne doit pas avoir trop froid. Les 25° C représentent un compromis.

Au sujet de cette question de compromis mise en valeur par M. MISSENAUD tout à l'heure, M. BLONDEL dans sa communication a dit que le confort est un sous-produit du conditionnement industriel; ce n'est pas toujours le cas; quelquefois, les deux besoins vont dans le même sens et parfois ils vont en sens inverse. Par conséquent, c'est le compromis qui est en jeu.

M. BLONDEL. — Ce que vient de dire M. DUPUY est parfaitement exact. Je n'ai peut-être pas assez insisté sur ce problème; j'ai essayé dans bien des cas de savoir les conditions que les utilisateurs considéraient comme les plus favorables. Comme M. MISSENAUD l'a constaté dans un cas particulier, on est très déçu de ce genre d'enquête car pour la même salle, la même opération, les résultats varient extrêmement suivant la personne à qui on demande son avis.

En général, dans l'industrie, malgré tout, le fait d'avoir une installation de conditionnement d'air va dans le sens du confort, dans ce fait qu'on élimine la plupart des dégagements de chaleur et une certaine quantité de poussières.

Il est exact, par contre, que le maintien de 85 % d'humidité relative nécessaire dans certaines opérations est peu favorable au confort des usagers.

M. LIESE. — En Allemagne, on étudie le problème sous deux aspects. Il y a d'abord la température la plus favorable pour le médecin qui a des besoins propres et le confort du malade qui a besoin d'une température relativement élevée puisqu'il est nu et très souvent a le corps ouvert; dans ces conditions, il faut éviter que le malade, après l'opération, n'ait un accident pulmonaire.

Actuellement, des études sont en cours; j'ai l'impression que les pertes de calories du malade sont beaucoup plus importantes qu'on ne l'a admis jusqu'à présent. De ce fait, on s'est efforcé d'améliorer le confort par un chauffage à rayonnement par le plafond.

M. MISSENAUD. — La communication du professeur LIESE est du plus haut intérêt. Il s'agit, en effet, de réaliser des conditions climatiques différentes pour le malade et pour le chirurgien. Or, la chose est actuellement possible avec le rayonnement, alors qu'elle ne l'est pas avec l'air. Le chauffage par rayonnement permettant d'aug-

menter la température résultante dans une zone déterminée, ouvre ainsi une voie nouvelle au traitement des salles d'opérations.

M. JEST. — Je voudrais faire une observation en ce qui concerne les hôpitaux de l'armée américaine qui sont installés en France; l'armée américaine a prescrit pour ces établissements des conditions spéciales : 55 % de degré hygrométrique et une température de 27° C, ainsi que vingt renouvellements d'air; il faut tenir compte de la présence dans la salle d'opération de sept à huit personnes et d'une installation électrique d'éclairage de quelque 5 000 W. Il faut observer que ces hôpitaux américains sont des constructions plus ou moins provisoires, ils sont installés souvent en pleine nature; il s'y ajoute très souvent des apports d'ensoleillement suivant l'exposition des salles. Quand j'ai posé la question à l'école américaine, il m'a été répondu que le médecin qui travaille à une température de 27° C ne porte que le slip et la blouse; il paraît qu'il ne se trouve pas trop mal.

M. MISSENAUD. — La température de 27° C nous paraît très élevée mais n'oublions pas que les Américains, intoxiqués par la chaleur, exigent des températures plus élevées que les nôtres.

M. JEST. — La température moyenne dans les bureaux américains est souvent aux environs de 22° C, mais, les occupants travaillent en manches de chemise!

M. MISSENAUD. — Je persiste à estimer — et ce n'est pas M. BEDFORD qui me contredira — que c'est une erreur physiologique car il y a intérêt à respirer de l'air frais et à limiter la température à 18° C.

M. Bernard TUNZINI. — Je voudrais revenir sur une des conclusions de M. PIOT, à savoir qu'à son avis les monoblocs de conditionnement d'air de type courant, notamment ceux utilisés aux États-Unis, n'étaient guère à envisager dans une installation de conditionnement de salle d'opération. La raison donnée est la nécessité d'un air stérile; je reviens sur ce premier point.

Les Américains qui par principe veulent tout stériliser ne stérilisent pas leurs salles d'opérations.

En effet, les salles d'opérations, si elles sont stérilisées, le sont d'une façon tout à fait secondaire. Ceci est quand même un point intéressant.

En second lieu, je dois dire que même si on retient que l'air stérile est indispensable au conditionnement d'air, il est toujours possible, étant donné la faible perte de charge que vous avez indiquée, d'installer des blocs stériles en aval d'un meuble de conditionnement d'air de type classique. C'est la raison pour laquelle je ne comprends pas très bien cette conclusion.

M. PIOT. — Les groupes de conditionnement d'air que l'on trouve dans le commerce ne sont pas faits pour développer des hauteurs manométriques très élevées; si vous voulez ajouter un bloc stérile à la sortie, il faut modifier le groupe de façon qu'il développe les 5 à 10 mm eau nécessaires; en général, les groupes n'en sont pas capables.

M. Bernard TUNZINI. — En général, les monoblocs de conditionnement d'air de type classique disposent d'une hauteur manométrique d'environ 25 mm eau (un pouce).

M. PIOT. — Cela fait 10 mm eau de plus qu'il ne faut.

M. Bernard TUNZINI. — C'est classique aux États-Unis; je parle des monoblocs qui sont utilisés là-bas.

M. VIEGMANN. — En ce qui concerne les températures dans les salles d'opération et les conditions climatiques, on adopte plutôt actuellement en Suisse des températures très basses, entre 20 et 22° C toujours avec hygrométrie de 60 %. Il y a même certains chirurgiens qui ont demandé ces derniers temps d'avoir une température de 18° C dans les salles, car ils prétendent que le malade est couvert, sauf à l'endroit opéré, et qu'il est même au chaud grâce à des bouillottes; il est bien enveloppé et ne souffre pas, par conséquent, il est préférable que le chirurgien qui fait un travail très poussé soit dans des conditions favorables.

Ils demandent donc des températures de 20 à 22° C et les jeunes chirurgiens descendent jusqu'à 18° C; c'est une tendance qui règne

depuis deux ou trois ans; on n'a jamais constaté de cas où cette pratique soit nuisible pour le malade.

M. MISSENARD. — Pour appuyer ce que dit M. VIEGMANN, il n'est peut-être pas inutile de rappeler qu'il ne suffit pas de se déshabiller pour compenser l'effet fâcheux d'une température très élevée, en raison de l'influence de la température de l'air inspiré. Bien que réalisant toutes deux la neutralité thermique, une température de 26 à 27° C pour un homme entièrement nu n'est pas équivalente, du point de vue de l'activité intellectuelle et manuelle à une température de 18° C pour un homme normalement habillé.

Aussi, n'est-ce pas surprenant que les chirurgiens soient conscients de la diminution de leurs moyens avec l'élévation de la température de l'air, même accompagnée d'une réduction de la protection vestimentaire.

M. FISCH. — Je voudrais établir une analogie avec la stérilisation des eaux; on a cru pendant longtemps qu'il suffisait de stériliser l'eau d'une manière aussi complète que possible au réservoir; mais dans certains cas, on a constaté une prolifération microbienne au point d'utilisation, c'est-à-dire au point où il est utile que l'eau soit parfaitement potable. On a expliqué ce fait par la présence de quelques microbes qui, ayant échappé à la stérilisation au départ se trouvent pendant le parcours dans des conditions remarquables pour proliférer.

C'est la raison pour laquelle on complète la stérilisation par un apport de chlore qui suit la canalisation et parvient même quelquefois un peu trop loin à notre goût en nous apportant cette odeur désagréable d'eau de Javel.

Si l'on transpose cela sur le plan des salles d'opération, il semble logique de compléter la stérilisation de l'air qui leur est destiné par un apport plus ou moins accentué d'antiseptique.

M. MISSENARD. — Comme l'a souligné M. PIOT, le pouvoir stérilisateur de l'ozone dans l'air avait été autrefois surestimé. Si l'on veut détruire les microbes il faut utiliser des doses susceptibles de tuer également les occupants; on préfère ne tuer personne!

M. ZANIROLI. — Lorsqu'on stabilise par l'ozone, on peut naturellement constater un effet nocif pour les occupants, si la proportion d'ozone est trop forte, mais en pratique, dans ce cas, on stérilise complètement un certain volume, puis on envoie un mélange qui permet de stériliser un plus grand volume ensuite, de façon à faire la stérilisation par parties.

M. LE PRÉSIDENT TUNZINI. — Est-ce que, sur des points particuliers, un auditeur a encore des questions à poser? Sinon je demanderai si sur le plan général du conditionnement d'air industriel, étant donné l'importance des communications que vous avez pu entendre, vous avez des réactions qui nous permettraient d'orienter l'action générale, soit à l'étranger, soit en France, sur le développement du conditionnement d'air industriel. Il me semble que c'est là le grand sujet sur lequel nous nous sommes penchés toute la matinée et cela peut entraîner à mon avis des décisions extrêmement importantes, notamment en ce qui concerne les relations sur le marché européen, du fait de la création du marché commun; il serait peut-être logique, étant donné la compétence des personnes qui sont dans la salle, que certains nous fassent

entrevoir comment ils conçoivent l'action, de façon qu'elle puisse être menée dans un ordre logique.

M. ZANIROLI. — M. le Président, si vous le permettez, je vais parler d'une application du conditionnement qui n'a pas été présentée ici et qui s'applique non seulement au conditionnement industriel, mais également au conditionnement de séjour.

M. LE PRÉSIDENT TUNZINI. — Le conditionnement de séjour n'est pas à traiter dans cette salle.

M. ZANIROLI. — C'est cependant connexe, car il s'agit d'un conditionnement à bord de chalutier.

J'ai été amené à m'occuper de cette question parce qu'il y a une tendance actuelle à faire des chalutiers en métal. Cela a posé des problèmes de séjour à l'intérieur des bâtiments étant donné que ces chalutiers qui travaillent dans les eaux équatoriales sont soumis à l'extérieur à une température très élevée et à l'intérieur à la température de la mer.

M. LE PRÉSIDENT TUNZINI. — C'est ce que nous appelons le conditionnement-confort et ce n'est pas du tout du conditionnement d'air industriel.

M. ZANIROLI. — Malheureusement, il y a à bord des gens qui travaillent et hier lorsqu'on parlait du chauffage urbain lors de la communication de M. CHAVANNES, on indiquait que le chauffage urbain avait un caractère commercial. Il a aussi un caractère social. Le conditionnement aussi a un caractère social.

M. LE PRÉSIDENT TUNZINI. — Nous sommes d'accord et c'est pourquoi le C. I. C. A. D. s'est attaché à avoir le concours de l'*Institut National de Sécurité* pour bien marquer justement qu'il y avait quelque chose de social dans notre action; mais comme l'a fait remarquer tout à l'heure M. BLONDEL, vous ne pouvez pas assujettir le confort à la production, et il y a une limite qu'on ne peut pas dépasser.

M. ROBAS. — Je voudrais illustrer la thèse de M. BLONDEL sur le conditionnement-confort, sous produit du conditionnement industriel, par l'exemple des centraux téléphoniques qui réclament en effet un dépoussiérage assez poussé de l'air et des conditions spéciales d'humidité. En fait, les conditionneurs amenant de l'humidité sont nécessités par les conditions techniques; par contre, ces installations sont munies, en Belgique, de groupes frigorifiques qui sont là pour le confort du personnel, car étant donné qu'on doit éliminer les poussières, les locaux doivent rester clos alors que les dégagements de chaleur sont relativement importants. Le problème, à l'origine, est un problème de conditionnement d'humidité d'air, mais les groupes frigorifiques, en grande partie, sont nécessités par des conditionnements de confort.

M. DESPLANCHES. — Tout à l'heure M. PIOT nous a parlé du conditionnement d'air dans les salles d'opération pour lesquelles on travaillait par le point de rosée; je ne suis pas très partisan du lavage de l'air dans les salles d'opération car même avec un rendement de 99 % et plus, il reste des bactéries et des microbes et au bout d'un certain temps, si on ne prend pas la précaution de nettoyer ou stériliser l'eau de lavage, cette eau constitue un véritable bouillon de culture qui réinfecte l'air qu'on a péniblement stérilisé.

M. le Président Missenard. — Je voudrais, avant de nous séparer, féliciter le Président Tunzini et souligner la qualité remarquable des communications que nous avons entendues.

M. le Président Tunzini. — Je vais vous convier à entendre de nouvelles communications qui ont trait aux procédés, aux moyens et aux matières permettant de réaliser des installations de grande qualité.

La première communication est celle de M. Cokelaere que je voudrais vous présenter.

M. Cokelaere est un spécialiste de tous les problèmes frigorifiques. Il appartient à une grande firme qui a réalisé en France la mise au point de matériels américains, ce qui permet à l'industrie française de trouver dans les pays d'Europe le moyen de réaliser des installations de grande valeur sans avoir le souci de rechercher les possibilités douanières ou les possibilités de change.

M. Cokelaere va donc nous entretenir de tous les problèmes frigorifiques.

Conditionnement d'air

ÉTUDE DES DIFFÉRENTS MATÉRIELS FRIGORIFIQUES UTILISÉS POUR LE CONDITIONNEMENT D'AIR INDUSTRIEL

par M. P. COKELAERE

Ingénieur.

Le conditionnement d'air peut être défini comme étant le contrôle simultané de la température, du degré hygrométrique, de la vitesse de circulation et de la propreté de l'air en un endroit déterminé d'un local. Ce contrôle a pour but d'accroître le confort individuel ou de permettre industriellement une meilleure réalisation de certains procédés dont l'exécution dépend en grande partie du maintien de la température ou du degré hygrométrique à des valeurs déterminées et constantes.

Il est possible de faire varier les conditions de température et d'humidité de l'air par refroidissement au contact de surfaces froides.

Ce refroidissement peut être réalisé de différentes façons que nous résumons ci-après :

— Par réfrigération entraînant la mise en place de machines mécaniques ou de groupes à absorption.

— Par circulation d'eau à basse température lorsque l'on dispose naturellement d'une source d'eau à une température telle qu'une utilisation économique puisse en résulter.

Ce dernier cas étant relativement rare, il est souvent nécessaire de prévoir un circuit frigorifique dans les installations de conditionnement d'air, ces circuits pouvant être réalisés de manières différentes en fonction d'une part du service demandé et d'autre part de l'économie recherchée.

L'objet de notre exposé est l'étude des différentes solutions pouvant être adoptées et qui conduisent à trois types différents d'installations que nous décrivons ci-après. Cette étude sera cependant limitée à l'énoncé des caractéristiques principales de chaque installation ainsi qu'aux raisons particulières entraînant le choix de chacune d'elles, car il serait vain de prétendre à une étude complète tant technique qu'économique en raison du temps dévolu. Le sujet à traiter serait trop

RÉSUMÉ

En conditionnement d'air, les variations des conditions de température et d'humidité imposent très souvent la mise en place d'une installation frigorifique pour réaliser le refroidissement de l'air à traiter.

Impératifs imposés au matériel frigorifique utilisé :

- Fonctionnement à charges très variables;
- Mise en régime rapide pour production immédiate de froid;
- Silence en fonctionnement;
- Encombrement réduit;
- Économie.

Trois types d'installations distinctes :

a) Circuits avec compresseurs à piston — Pour installations à détente directe ou production d'eau glacée — jusqu'à 500 000 fg/h.

b) Circuits avec compresseurs centrifuges — Pour groupes de production d'eau glacée — Encombrement réduit — Grande souplesse de fonctionnement — Pas de pièces d'usure — de 300 000 à 3 000 000 fg/h.

c) Circuits avec groupes à absorption — Pour le cas où vapeur non récupérable disponible à basse pression.

SUMMARY

For the air conditioning, the variations of temperature and moisture conditions impose frequently the installation of a refrigerating equipment for the cooling of the air to be treated.

Requirements imposed upon the refrigerating equipment used :

- Working at very variable loads;
- Rapid running for immediate production of low temperature;
- Noiseless operation;
- Limitation of space required.
- Economy.

Three distinct types of equipments.

a) Circuits with piston compressors — For direct expansion plants or production of frozen water — up to 500 000 fg/h.

b) Circuits with centrifugal compressors — For frozen water production units — Limited space required — Great flexibility of operation — No wearing parts — from 300 000 to 3 000 000 fg/h.

c) Circuits with absorption units — In the case of non-recoverable steam available at low pressure.

vaste et nous nous bornerons donc pour chacune des solutions à indiquer les limites d'utilisation et à la description des machines frigorifiques en précisant leurs conditions d'emploi.

Les trois types d'installations frigorifiques utilisés en conditionnement d'air industriel sont les suivants :

- A — Circuits avec compresseurs à piston.
- B — Circuits avec compresseurs centrifuges.
- C — Circuits avec groupes à absorption.

Le choix d'un matériel frigorifique utilisé dans les installations de conditionnement d'air dépend principalement de différentes considérations dont certaines sont indispensables au bon fonctionnement de l'installation et que nous résumons :

1° L'installation frigorifique doit pouvoir opérer à des charges très variables suivant la demande de frigorifiques qui diffère selon les périodes de l'année, et les variations parfois rapides des conditions extérieures relevées dans une même journée.

Le ou les compresseurs frigorifiques utilisés doivent donc impérativement être munis d'un système de contrôle de débit automatique pour permettre des variations de puissance frigorifique entre 20 et 100 % de la capacité nominale et en plusieurs étages de variation de débit.

La variation des surfaces d'échange des évaporateurs doit également se faire automatiquement pour équilibrer le circuit en fonction de la demande et parallèlement aux variations de débit du compresseur.

2° La production frigorifique doit être rapide pour permettre un abaissement immédiat de température répondant parfois à des variations importantes, conditions que l'on trouve particulièrement au printemps et en automne où l'installation ne fonctionne souvent que quelques heures par jour.

La mise en régime de l'installation doit donc être extrêmement rapide.

3° Les machines frigorifiques en marche ne doivent pas dépasser un certain niveau sonore qui doit être soigneusement contrôlé, principalement pour les installations de conditionnement d'air destinées au confort — également pour certaines installations industrielles où le bruit peut être nuisible.

4° L'installation frigorifique doit occuper le minimum de surface. Ce dernier point est très important pour les installations dans les locaux d'habitation où l'espace disponible est très souvent réduit.

5° Le fonctionnement du matériel frigorifique utilisé doit être économique, aussi bien à charges partielles qu'à pleine charge.

A. — CIRCUITS AVEC COMPRESSEURS A PISTON (fig. 1 et 2)

Les installations frigorifiques munies de compresseurs à piston sont les plus nombreuses en service pour le conditionnement d'air et seront certainement encore les plus utilisées pendant de nombreuses années.

Elles comprennent généralement des compresseurs frigorifiques classiques qui ont fait leurs preuves depuis longtemps dans l'industrie. Les compresseurs à Fréon 12-Fréon 22 ou encore à ammoniac sont utilisés mais la tendance en ce domaine tend de plus en plus à éliminer l'ammoniac comme fluide frigorigène au bénéfice de la famille des Fréons (1).

Les fabrications actuelles de compresseurs s'orientent sur les types multi-cylindriques à vitesse rapide atteignant parfois 1 500 tr/mn avec corps coulés en fonte spéciale, étanches aux

halogènes, et garniture rotative d'étanchéité type à anneau de carbone. Toutefois, l'industrie américaine livre actuellement des groupes hermétiques ou semi-hermétiques jusqu'à puissance d'environ 20 ch utilisés principalement dans le montage de conditionneurs d'air commerciaux ou industriels de type monobloc, en raison du nombre important d'appareils de conditionnement d'air installés chaque année aux États-Unis. Les cadences limitées de fabrication en Europe n'ont pas permis de lancer de groupes à pistons type hermétique au delà de ceux utilisés pour les appareils domestiques et qui ne dépassent guère 2 à 3 ch.

Les installations réalisées en conditionnement d'air en France et en Europe comportent donc pour des puissances au delà de 15 à 20 000 fg/h des compresseurs entraînés par moteurs électriques séparés, la préférence allant aux compresseurs à plusieurs cylindres construction en V ou W qui sont mieux équilibrés et qui créent peu de vibrations toujours nuisibles — en particulier, certaines vibrations excessives peuvent amener des ruptures de tuyauteries d'où perte d'un gaz coûteux.

Il est nécessaire également d'apporter un soin particulier dans le calcul des fondations pour éviter des ruptures de pièces fragiles.

Le système de contrôle de débit qui équipe les compresseurs agit sur les clapets d'aspiration des cylindres et peut être électrique, pneumatique ou hydraulique, chacun des systèmes devant permettre la possibilité de démarrer le compresseur à débit réduit, ce qui autorise l'emploi de moteurs d'entraînement à faible couple de démarrage.

En principe, chaque compresseur doit être équipé des appareils de sécurité suivants :

- Un pressostat HP ;
- Un pressostat BP muni d'un relais temporisé qui évite le pompage à charge réduite en-dessous de 15 à 20 % de la puissance nominale ;
- Un pressostat de sécurité d'huile arrêtant immédiatement la machine pour des pressions de l'huile de graissage en dessous d'une certaine valeur.

Les installations frigorifiques comprenant des compresseurs à piston permettent la production de froid :

— soit à détente directe, par vaporisation du fluide frigorigène dans une ou plusieurs batteries frigorifiques. L'air préalablement filtré se trouve refroidi au contact des batteries et est ensuite distribué par gaines dans les locaux devant être conditionnés ;

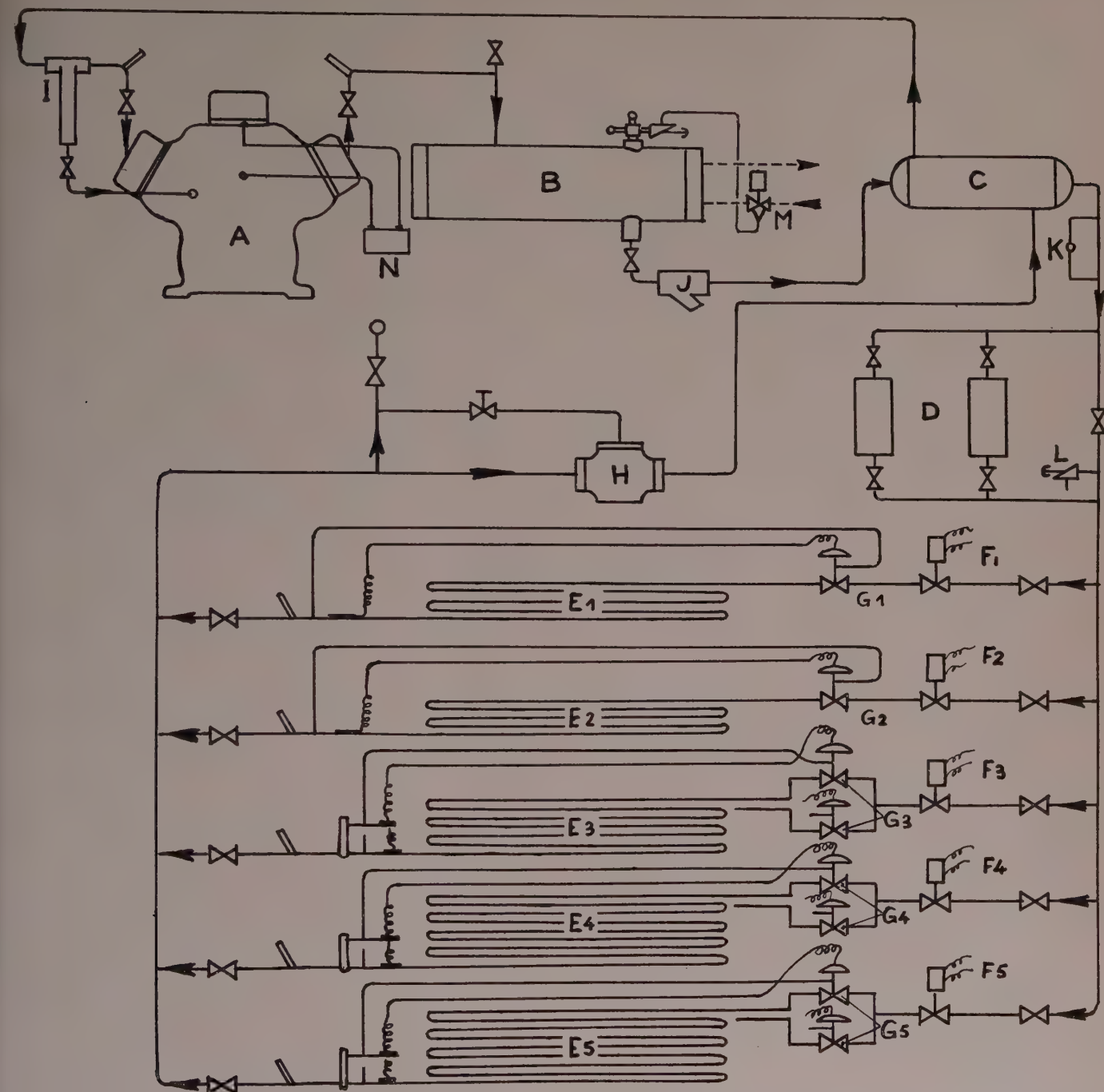
— soit par production d'eau glacée dans un évaporateur à faisceau tubulaire, l'eau étant ensuite véhiculée dans des batteries pouvant se trouver éloignées de la centrale frigorifique ou dans des laveurs d'air.

La circulation d'eau glacée permet des contrôles plus rigoureux de températures et de degrés hygrométriques dans les locaux car la température de l'eau reste à peu près constante dans tout le circuit.

L'installation d'une centrale frigorifique de production d'eau glacée permet en outre la mise en place de groupes monoblocs, entièrement montés en atelier et qui comprennent sur un même châssis le compresseur — moteur — condenseur — échangeur et évaporateur, ainsi que les contrôles. Il ne reste à raccorder au groupe que les arrivées d'eau et l'amenée de la force motrice.

L'ensemble du groupe monté sur une seule fondation est soumis à la même période de vibrations et les tuyauteries frigorifiques ont des longueurs réduites.

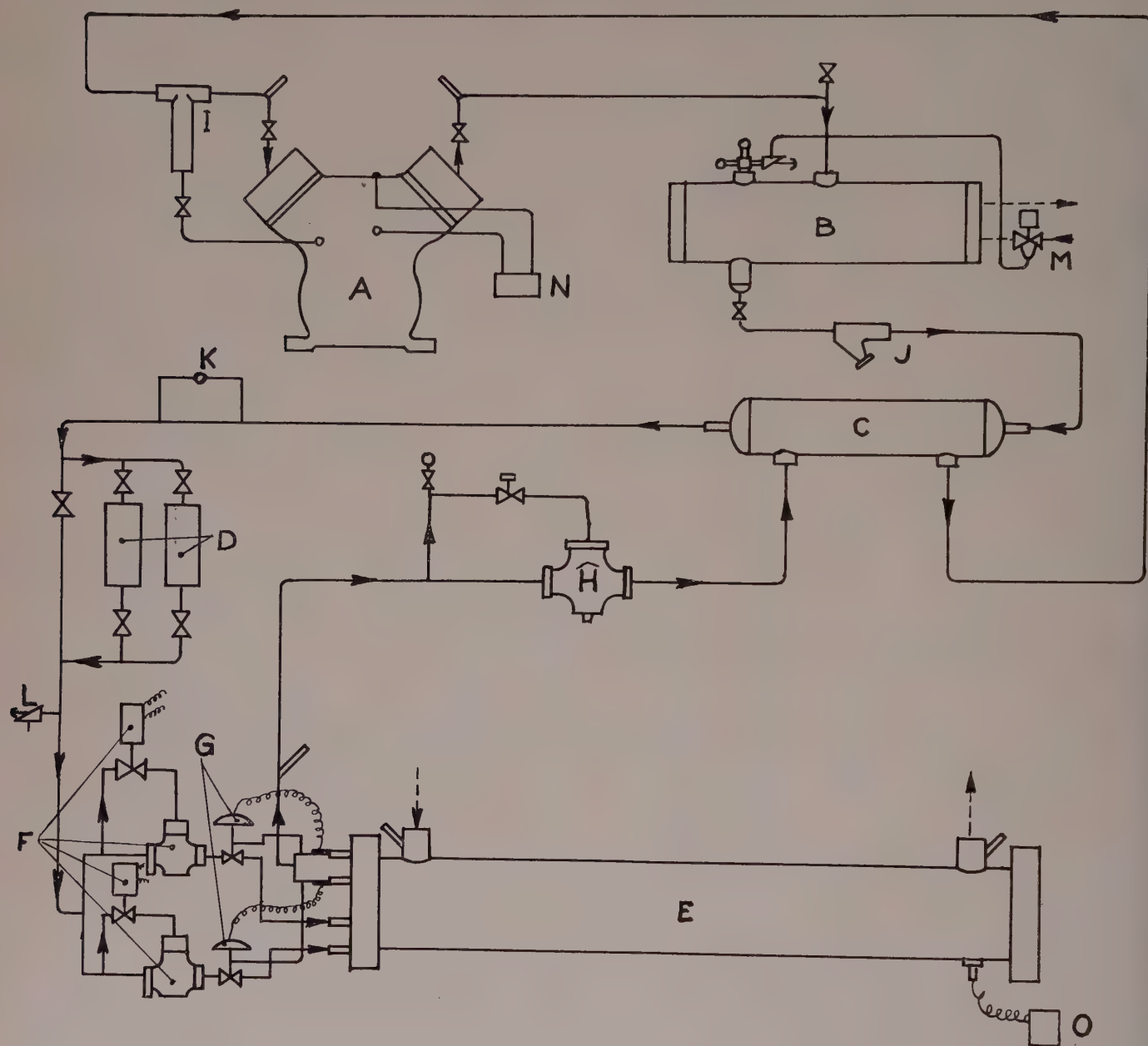
(1) Licence Dupont de Nemours.



- A. — Compresseur frigorifique
- B. — Condenseur
- C. — Échangeur de chaleur
- D. — Déshydrateur
- E. — Évaporateur
- F. — Vanne solénoïde (sur ligne liquide)
- G. — Détendeur thermostatique

- H. — Vanne à pression constante (ligne aspiration)
- I. — Trappe à huile et liquide
- J. — Filtre
- K. — Voyant liquide
- L. — Vanne de charge fréon
- M. — Vanne à eau pressostatique
- N. — Pressostat de sécurité HP — BP

Fig. 1.



- A. — Compresseur frigorifique
- B. — Condenseur
- C. — Échangeur de chaleur
- D. — Déshydrateur
- E. — Évaporateur
- F. — Vanne solénoïde (sur ligne liquide)
- G. — Détendeur thermostatique
- H. — Vanne à pression constante (ligne aspiration)

- I. — Trappe à huile et liquide
- J. — Filtre
- K. — Voyant liquide
- L. — Vanne de charge fréon
- M. — Vanne à eau pressostatique
- N. — Pressostat de sécurité HP — BP
- O. — Thermostat antigel

Fig. 2.

Il est préférable de passer par l'intermédiaire de l'eau glacée dans le cas de grandes distances entre les différentes batteries de refroidissement d'air et la centrale frigorifique proprement dite, bien que le coût de première installation puisse paraître légèrement supérieur à une installation à détente directe. Par contre, les frais d'exploitation d'une centrale frigorifique à production d'eau glacée ne sont pas nécessairement supérieurs à ceux d'une installation à détente directe bien qu'il soit nécessaire de passer par un agent intermédiaire; en effet les pertes de charge parfois importantes rencontrées avec des installations à détente directe principalement pour des distances importantes et des hauteurs géométriques correspondant à plusieurs étages d'immeubles, rendent élevées les puissances absorbées à l'arbre du compresseur qui doit vaincre ces pertes de charge.

D'autre part, les installations de conditionnement d'air avec circulation d'eau glacée supposent la mise en place de conditionneurs multiples comprenant chacun une batterie d'échange de chaleur et un ventilateur à débit variable. Il est ainsi possible d'utiliser la même installation et les mêmes tuyauteries pour le chauffage d'hiver en faisant circuler de l'eau chaude dans les batteries.

Pour certaines installations de conditionnement d'air de locaux industriels, il arrive que les tuyauteries servant à véhiculer l'agent de production de froid soient situées à l'extérieur des locaux. Dans ce cas l'agent intermédiaire peut être une saumure dont la concentration dépend des températures extrêmes du lieu d'installation.

* * *

Le bon fonctionnement d'une installation frigorifique dépend en grande partie du choix judicieux et du montage correct des appareils de contrôle et de régulation nécessaires.

Les appareils de contrôle et de régulation utilisés dans les installations frigorifiques sont très sommairement ceux indiqués ci-dessous :

a) Circuit frigorifique.

Pour les installations à détente directe :

- sur chaque batterie
- Une vanne solénoïde;
- Un détendeur thermostatique;
- Une vanne à pression constante avec vanne pilote.

Dans le cas d'installations comprenant plusieurs batteries avec vaporisation du fluide frigorigène à températures égales, on peut ne placer qu'une vanne à pression constante sur le circuit d'aspiration commun aux différentes batteries.

Pour les installations de production d'eau glacée :

- Une vanne solénoïde;
- Un détendeur thermostatique;
- Un thermostat antigel,

sur chacun des évaporateurs.

Toutefois, il faut tenir compte qu'un détendeur classique automatique ou thermostatique a un fonctionnement très irrégulier lorsque le débit de fluide qui le traverse se trouve inférieur de 50 % du débit nominal prévu, ce qui se produit à débit réduit. Il est alors recommandé pour chaque évaporateur de séparer la distribution de fluide et d'installer plusieurs détendeurs et vannes solénoïdes et de lier le fonctionnement des vannes solénoïdes au contrôle du compresseur.

b) Contrôle de débit du compresseur.

Soit par thermostats d'ambiance agissant sur le système de contrôle de débit du compresseur.

Soit, ce qui est plus souvent effectué, par variations automatiques du débit du compresseur en fonction des variations de la pression du fluide frigorigène à l'aspiration.

* * *

La consommation d'eau de l'installation frigorifique pose un certain nombre de problèmes en conditionnement d'air du fait soit de la rareté de l'eau, soit de son coût relativement élevé.

S'il est possible d'utiliser des condenseurs à air sur des installations frigorifiques de petites et moyennes puissances, il n'est plus possible d'envisager de tels condenseurs pour les puissances frigorifiques habituellement rencontrées en conditionnement d'air. Les condenseurs sont alors des échangeurs à circulation d'eau et le débit nécessaire peut être important si la température de l'eau est élevée, ou si un condenseur à grande surface n'a pu être utilisé pour des raisons d'encombrement.

Ce problème est résolu partiellement par la mise en place de tours de refroidissement d'eau qui réduisent les consommations d'eau de 85 à 95 %, et par montage à l'entrée des condenseurs de vannes à eau pressostatiques qui modulent le débit d'eau en fonction de la pression de condensation.

* * *

Les constructeurs de compresseurs frigorifiques ont des gammes dans la série des Fréons permettant d'utiliser économiquement le compresseur à piston pour des installations jusqu'à environ 500 000 fg/h. Il est même possible d'obtenir des puissances plus élevées par la mise en place de plusieurs compresseurs, ce qui permet une souplesse de fonctionnement très grande.

Par contre, au-delà de puissances de 800 000 à 1 000 000 de frigories par heure, les machines classiques à piston présentent l'inconvénient de nécessiter un espace trop important et un coût total d'installation tel qu'il est possible d'envisager les groupes frigorifiques à compresseurs centrifuges.

B. — CIRCUITS AVEC COMPRESSEURS CENTRIFUGES

Les installations de conditionnement d'air de locaux industriels : bureaux, magasins, hôpitaux, ateliers, paquebots, etc... entraînent la mise en place d'unités frigorifiques répondant à trois impératifs :

- Puissance frigorifique élevée;
- Emplacement réduit;
- Poids peu important.

Les puissances élevées amènent des débits importants de gaz, qui ne sont plus compatibles avec l'utilisation du compresseur à piston classique. Le développement des compresseurs centrifuges à grand débit a permis de résoudre ce problème et l'emploi de gaz de la série des Fréons a accéléré l'utilisation des compresseurs centrifuges.

En effet, il était nécessaire d'employer un fluide frigorigène présentant un rapport de compression peu élevé aux températures de condensation et d'évaporation, de manière à utiliser des compresseurs centrifuges à deux ou trois étages.

Le développement de la technique dans ce domaine permet même de prévoir des compresseurs centrifuges à très grande vitesse et à un seul étage de compression.

Aux États-Unis il est maintenant courant de construire des groupes centrifuges hermétiques de puissance frigorifique comprise entre 200 000 et 1 500 000 fg/h.

L'unité frigorifique avec compresseur centrifuge est du type à production d'eau glacée. Il n'est pas possible d'envisager l'utilisation de ces compresseurs pour détente directe dans des batteries situées à distances importantes. Les échangeurs (condenseurs et évaporateurs à eau glacée) sont situés le plus près possible du compresseur centrifuge pour éviter des pertes de charge qui entraîneraient une diminution sensible de la capacité globale.

Les compresseurs centrifuges utilisent le Fréon 11 comme fluide frigorigène qui outre un faible rapport de compression aux températures de marche, présente l'avantage d'un volume spécifique réduit et d'une très faible chaleur de compression ne nécessitant pas le refroidissement entre étage par injection de liquide, du moins pour le fonctionnement à deux étages de compression.

Les compresseurs à trois étages fonctionnent entre 3 000 et 5 000 tr/mn. Ceux à deux étages opèrent couramment entre 6 et 8 000 tr/mn avec impulseurs en alliage léger d'aluminium dont la vitesse périphérique est souvent voisine de la vitesse sonique.

Pour un même débit, la puissance absorbée par un compresseur centrifuge est très voisine de la puissance absorbée par un compresseur à piston. S'il n'y a pas — ou peu — de gain de puissance absorbée à espérer par l'utilisation d'un compresseur centrifuge, ces derniers présentent néanmoins des avantages considérables que nous résumons ci-après :

- Minimum de surface occupée;
- Possibilité d'un réglage de débit — *modulé* entre environ 15 et 100 % du débit nominal (pour entraînement à vitesse constante par moteur électrique et multiplicateur de vitesse);
- Possibilité d'entraînement direct par turbine à vapeur et marche à vitesse variable;
- Consommation réduite à charges partielles;
- Pas de pièces d'usure.

Le contrôle de débit sur les compresseurs centrifuges est réalisé de diverses façons, la plus courante étant par des aubages d'admission à angle variable, la modification de la position de ces aubages variant par un arbre avec fonctionnement automatique ou manuel.

Le débit du compresseur se modifie donc de façon modulée en fonction des variations de la température de sortie de l'eau glacée à l'évaporateur entre 10 et 100 %, ce qui donne aux compresseurs centrifuges une souplesse de fonctionnement inégalée par les compresseurs à pistons, à moins d'utiliser des installations comprenant plusieurs compresseurs multicylindriques sur le même circuit frigorifique.

Les limites d'utilisation pratique des groupes frigorifiques centrifuges se situent pour un seul groupe entre 300 000 et

3 000 000 fg/h. Le développement récent des installations de conditionnement d'air entraînant des puissances frigorifiques importantes ont incité plusieurs constructeurs à entreprendre depuis quelques années la fabrication en France de compresseurs centrifuges et l'emploi de ceux-ci peut donc être envisagé actuellement, en matériel de construction française.

C. — CIRCUITS AVEC GROUPES A ABSORPTION

Dans des cas encore assez limités, il est possible d'envisager des groupes frigorifiques à absorption pour production d'eau glacée et pour une production frigorifique élevée.

Ces groupes sont en général des groupes complets comprenant les différents échangeurs montés sur une même armature, ce qui limite l'espace nécessaire pour le montage de ces échangeurs en général d'encombrement important.

Il est cependant nécessaire, pour envisager l'utilisation économique de groupes à absorption, de disposer d'une source de vapeur non récupérable à basse pression, en général au-dessous de 1 kg/cm² effectif. De même l'utilisation rationnelle de ces groupes demande le maintien sous pression des chaudières à tout moment, de manière à pouvoir obtenir un effet frigorifique rapide en fonction de la demande toujours variable en conditionnement d'air.

En outre, il est généralement admis que la quantité d'eau de condensation nécessaire aux groupes à absorption est supérieure à celle demandée par des groupes de puissances identiques comprenant des compresseurs centrifuges ou à piston, et ceci peut être un inconvénient majeur.

Les groupes à absorption pour production d'eau glacée peuvent être utilisés dans une gamme très étendue de puissance frigorifique et leur utilisation dans certains cas déterminés est la plus économique possible.

Leur utilisation tend à se développer aux U. S. A. où certains constructeurs ont développé des groupes monoblocs pour différentes puissances frigorifiques, à des prix bien inférieurs aux groupes avec compresseurs centrifuges ou à pistons. Toutefois, cette utilisation est conditionnée à la possibilité d'obtention de vapeur et seules les installations dans des industries importantes semblent pouvoir être envisagées pour le moment.

Nous voudrions pour terminer signaler les groupes conditionneurs monoblocs dont l'emploi tend à se généraliser pour des installations moyennes ou multiples. Ces conditionneurs comprennent en plus de la partie frigorifique des filtres et un système de ventilation permettant la distribution de l'air filtré et refroidi par gaines.

Ces groupes sont fabriqués maintenant en France et sont très souvent la solution à des problèmes simples en raison de leur facilité de montage et d'entretien.

En conclusion, nous pouvons indiquer que l'évolution du conditionnement d'air vers des puissances frigorifiques de plus en plus élevées a été suivie par les constructeurs français qui peuvent mettre à la disposition des installateurs et utilisateurs de conditionnement d'air des machines frigorifiques de qualité et rendement comparables aux meilleures productions étrangères.

ANNEXE

Les groupes frigorifiques à absorption, utilisés en conditionnement d'air, utilisent en principe l'eau comme véhicule des frigories, et des solutions de bromure de Lithium comme agent d'absorption. La vapeur utilisée doit être à une pression voisine 1 kg cm² eff., ou détendue à cette pression, pour le cas où l'on dispose de vapeur à pressions plus élevées (échangeurs construits pour basses pressions).

A titre indicatif, et pour une production d'eau glacée à une température de l'ordre de 5 à 8° C, pour une eau de condensation à une température située entre 25 et 30° C à l'entrée du condenseur, on peut admettre les consommations de vapeur ci-dessous, par mille frigories de production :

à 100 % de charge	3 kg/h
à 10 % de charge	8,5 k/gh

la consommation variant linéairement entre ces deux points pour charges intermédiaires.

Ces renseignements sont toutefois théoriques, quoiqu'étant ceux admis généralement par les constructeurs de groupes à absorption fonctionnant au Br Li. Il est toujours nécessaire de procéder à un calcul de bilans thermiques pour chaque application particulière, avant de choisir l'emploi d'un groupe à absorption, et les consommations ci-dessus doivent être utilisées comme guide uniquement.

M. le Président Tunzini. — Je crois en votre nom, devoir remercier M. Cokelaere de l'exposé qu'il vient de nous faire sur une partie importante des possibilités pour la réalisation du conditionnement d'air industriel.

Il y a lieu de remarquer dans son exposé, l'existence pour la réalisation du conditionnement d'air industriel, des machines à absorption.

En France, ces applications sont, je crois, encore inexistantes, mais des renseignements que je puis posséder, il va être fait, à titre d'expérience, un ou deux équipements de machines à absorption, où l'on va pouvoir se rendre compte exactement des bilans d'exploitation comparatifs de l'équipement par machines centrifuges et de l'équipement par machines à absorption.

Pour la région parisienne et surtout pour Paris, l'avantage est d'avoir la distribution urbaine de vapeur, ce qui permet de résoudre le problème des machines à absorption et par conséquent de réaliser des exploitations qui seront certainement dans de bonnes conditions, d'autant plus que dans la partie conditionnement d'air industriel il entre toujours un réglage par une production de chaleur.

M. Salmon Legagneur. — Vous avez signalé l'intérêt qu'il y aurait à faire des réalisations de conditionnement d'air avec des machines à absorption et en particulier dans la région parisienne où grâce au réseau de chauffage urbain, on dispose de sources de vapeur abondantes pendant la période d'été.

A ce sujet je signale l'intérêt que nous verrions à Paris à ce que de telles installations de conditionnement puissent être réalisées prochainement. D'ailleurs, il y a un autre cas qui a été signalé par le conférencier, où la vapeur peut également être utilisée, c'est le cas du compresseur centrifuge mû par turbine à vapeur. Vous savez certainement qu'à New-York il y a un développement considérable des installations de conditionnement alimentées par le chauffage urbain de New-York, soit avec des compresseurs centrifuges, soit avec des machines à absorption, à tel point que les besoins de vapeur pendant l'été pour la Ville de New-York vont se trouver être du même ordre de grandeur que les besoins de vapeur pendant la période d'hiver pour le chauffage.

Évidemment nous ne sommes pas près d'en être là à Paris, mais c'est un exemple qui est tout de même intéressant à citer. Et à Paris je dois vous signaler que pendant la période d'été la vapeur qui est distribuée par le réseau de chauffage urbain provient en majeure partie d'usines d'incinération des ordures ménagères. Par conséquent, si cette vapeur était utilisée en proportions importantes pour le conditionnement d'air, je crois que ce serait une mesure favorable pour l'utilisation optimum de nos ressources énergétiques.

Et je peux simplement ajouter que nous avons été récemment questionnés par un grand magasin qui désire faire un conditionnement important et qui nous a signalé à ce sujet qu'il aurait besoin de puissances importantes. Pour le moment, le magasin en question n'est pas situé le long de nos canalisations, mais n'en est pas très loin. J'espère donc que, le temps passant, nous pourrions arriver, d'ici quelques années à réaliser cette installation qui, pour ma part, m'intéresserait beaucoup ; je crois qu'elle intéresserait aussi nos collègues.

M. le Président Tunzini. — Je remercie M. Salmon-Legagneur de son intervention. Vous connaissez ma foi dans le développement du conditionnement d'air sous tous ses aspects. Vous connaissez également ma foi dans le développement de la distribution de la chaleur par réseau urbain. Par conséquent, je ne puis qu'approuver son intervention qui montre à tous nos auditeurs que si la question de l'hiver est une question importante, la question de l'été ne l'est pas moins. Si nous examinons les conditions dans lesquelles on peut vivre dans les grandes villes, nous sommes obligés, du fait de la circulation, du fait des bruits extérieurs de nous cloîtrer. Il arrivera bien un moment où l'on comprendra que notre industrie doit être prédominante dans la vie des villes.

M. Jeanmaire va maintenant nous faire une communication sur « Le filtrage de l'air dans l'équipement du conditionnement d'air industriel ».

M. Jeanmaire est encore un jeune, c'est un Ingénieur des Arts et Manufactures de 1943 qui a fait son passage dans l'existence active d'abord à la Société Kodak dans les milieux techniques ; puis il est venu un peu galvauder dans l'électricité — peut-être un jour nous parlera-t-il plus hardiment des filtres électrostatiques — et puis il est devenu un homme technico-commercial, avec une foi dans la technique telle qu'il arrivera, je l'espère, à convaincre le monde qu'on ne filtre pas sans filtre.

Conditionnement d'air

LE FILTRAGE DE L'AIR DANS L'ÉQUIPEMENT DU CONDITIONNEMENT D'AIR INDUSTRIEL

par M. A. JEANMAIRE

Ingénieur des Arts et Manufactures.

Je voudrais tout d'abord rappeler rapidement quelques définitions concernant les problèmes de filtrage de l'air.

C'est maintenant un lieu commun de dire que la poussière, considérée comme de la matière qui n'est pas à sa place, est devenue l'un des problèmes les plus épineux de l'industrie moderne. L'air chargé de poussière est en effet une menace dans de nombreuses applications : il endommage des machines coûteuses, provoque un salissement accéléré des revêtements ornementaux, détériore les marchandises et les ameublements, ralentit le rendement des travailleurs en facilitant la propagation des maladies et enfin, gêne le confort des usagers.

On peut considérer que les poussières se répartissent en deux espèces :

— D'une part, les *poussières atmosphériques* qui comprennent la suie, les bactéries et autres impuretés solides qui se rencontrent normalement dans l'atmosphère ; elles sont communes à tous les bâtiments, qu'ils soient à usage d'habitation ou à usage industriel et commercial, équipés ou non d'un système de ventilation.

— D'autre part, les *poussières industrielles* qui sont émises par certaines opérations de fabrication. Leur concentration est généralement élevée, ce qui les rend visibles sous forme de véritables nuages.

Les premières sont éliminées par les filtres à air. L'élimination des secondes nécessite des installations comprenant des capotages, des tuyauteries, des séparateurs, des ventilateurs d'extraction, etc... C'est donc le domaine du dépoussiérage proprement dit, que nous n'aborderons pas ici, nous limitant au filtrage.

Quel est le but du filtrage ? C'est de produire de l'air propre.

Alors que le dépoussiérage consiste soit à récupérer un produit de valeur, soit à éviter une augmentation de la pollution de l'air atmosphérique, le filtrage de l'air consiste à retenir les poussières contenues dans l'air atmosphérique avant l'utilisation de celui-ci.

LES POUSSIÈRES ATMOSPHÉRIQUES

Ceci nous amène tout naturellement à étudier en premier lieu les poussières atmosphériques.

Origine.

La poussière existait bien avant l'apparition de l'homme : c'est la théorie de Whipple relative aux poussières cosmiques s'agglomérant pour former des systèmes solaires.

Les éruptions volcaniques projettent des cendres dans l'atmosphère, qui peuvent y rester en suspension des mois ou même des années. Les récentes expériences atomiques faites par les États-Unis dans le Pacifique, ont rappelé ces phénomènes.

Nature.

La nature de la poussière est extrêmement variable suivant les lieux, et, dans un même lieu, varie également suivant les heures, l'intensité et la direction du vent, les activités industrielles, la circulation, etc...

Elle est d'origine animale, végétale ou minérale. On y rencontre en général les matières suivantes : silice, fibres, pollen, spores, suie et cendres, déchets animaux ou végétaux, bactéries et autres organismes.

RÉSUMÉ

Les poussières atmosphériques et industrielles ayant des incidences défavorables sur la vie industrielle et commerciale, il importe de les éliminer au moyen de filtres à air dont l'efficacité peut être déterminée par différentes méthodes.

Il existe trois grands principes d'épuration : filtrage à sec, imprégnation visqueuse et précipitation électronique à chacun desquel correspondent trois principaux types de filtres : à cellules, remplaçables et automatiques.

L'auteur étudie les caractéristiques déterminant le choix d'un type de filtre et de ses dimensions et rappelle les considérations à retenir pour son installation.

SUMMARY

Since atmospheric and industrial dusts have detrimental effects on the activity of industry and trade, it is essential to eliminate them by means of air filters, the efficiency of which can be determined by various methods.

There are three great principles of air cleaning : filtration by the dry method, viscous impregnation and electronic precipitation ; to each of them correspond three principal types of filters : cell filters, replaceable filters and automatic filters.

The author studies the characteristics determining the selection of a type of filter and its dimensions and recalls the considerations regarding its installation.

La composition moyenne s'établit dans les limites suivantes :

- Suie : 40 à 50 % ;
- Silice : 20 à 40 % ;
- Poussière de charbon : 2 à 4 % ;
- Matières fibreuses : 3 à 30 % ;
- Divers : 4 à 5 %.

Le chiffre à retenir est le pourcentage de suie : on notera que ce corps représente environ la moitié des impuretés solides contenues dans l'atmosphère. Or la suie est l'un des composants les plus nuisibles de la poussière.

Elle colmate les batteries de chauffe ou de refroidissement des installations de chauffage ou de conditionnement d'air, et en diminue les caractéristiques thermiques.

Elle s'attaque aux équipements électriques qui sont éminemment sensibles au carbone, lequel est un bon conducteur électrique et un mauvais conducteur de la chaleur : la suie provoque ainsi une augmentation de la température de surface et provoque des courts-circuits sur les collecteurs des machines tournantes.

Elle salit les murs, les tentures, les tapis, les lingeeries etc...

Granulométrie.

La dimension moyenne des poussières est de 5 à 10 microns. A titre indicatif, une particule de 10 microns est la plus petite particule que l'on puisse voir à l'œil nu.

Au-dessus de cette dimension, les poussières sont retenues par les filtres visqueux ou secs.

Les particules de taille plus petite sont du domaine de filtres plus poussés : filtres électroniques ou filtres à poches équipés d'un média spécial, qui permettent, en particulier, la rétention des particules de fumée de tabac dont la dimension moyenne est 1/4 de micron. Pour les amateurs de statistiques, il faudrait 64 000 particules de fumée de tabac, supposées sphériques pour atteindre la taille de la particule de 10 microns dont nous parlions plus haut.

Concentration de la poussière.

Cette concentration varie en fonction de l'heure et des conditions atmosphériques dans un lieu donné.

La concentration normale est de l'ordre de 1 à 1,5 mg/m³ mais peut atteindre des valeurs plus élevées dans les centres industriels.

- En fonderie, on peut atteindre des concentrations de 500 mg/m³ ;
- En cimenterie de 100 à 400 mg/m³ suivant la vétusté des installations ;
- Dans les fabriques de porcelaine : 120 mg/m³ ;
- En ébarbage de pièces de fonderie : 400 à 500 mg/m³ ;
- etc...

Dans les locaux commerciaux et les magasins, on admet que la concentration va jusqu'à 5 à 8 mg/m³ et peut atteindre 15 mg/m³ dans les salles de spectacles.

Ces chiffres peuvent paraître abstraits mais prennent leur signification quand vous saurez que votre dose journalière de poussière est de l'ordre d'une cuillerée. L'organisme consomme en effet une moyenne de 15 m³ d'air par jour qui, pour une concentration moyenne, contiennent environ 30 mg de poussière.

On aura également une idée des quantités de poussière émises dans la région parisienne par exemple, en sachant

qu'une chaufferie au charbon émet 25 kg de suie par tonne de charbon brûlé. Même en tenant compte des limites imposées par la loi Morizet, le résultat est impressionnant. De nombreux essais, réalisés aux États-Unis, montrent que la chute moyenne de suie, dans des régions industrielles, varie de 200 à 350 tonnes par mois et par kilomètre carré.

On comprend facilement les méfaits que ces concentrations peuvent causer à l'organisme : les poussières servent en effet de véhicules aux germes et aux microbes et facilitent leur transport.

Les statistiques montrent que chez les employés de bureaux, 40 % environ des maladies sont des maladies respiratoires (fig. 1). Les Américains sont même allés plus loin et ont établi des graphiques indiquant, en fonction de la pollution de l'air, le pourcentage d'absences chez les enfants des écoles et l'évolution du taux de mortalité. On constate que ces trois facteurs varient dans le même sens (fig. 2).

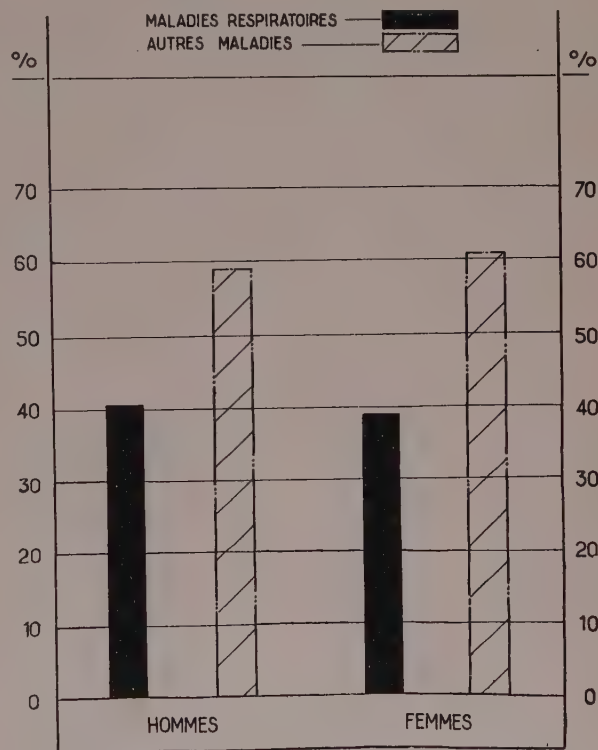


Fig. 1. — Importance des maladies respiratoires. Causes d'absences parmi les employés de bureaux. Graphique établi parmi 9 274 employés (1783 hommes et 7 491 femmes).

Un autre méfait de la poussière est le noircissement et même l'attaque des façades des immeubles et des monuments. Un exemple classique est la différence de teinte entre les monuments de Paris et les monuments d'Athènes : la Madeleine, de construction relativement récente (commencée en 1764, elle ne fut consacrée qu'en 1842, soit il y a un peu plus d'un siècle), est noire, alors que le Parthénon a conservé sa blancheur primitive.

Pour terminer ce réquisitoire contre la poussière, on peut porter à son actif quelques maigres bienfaits : elle donne la couleur bleue du ciel, les couleurs de l'aube et des couchers de soleil. Ce sont de bien maigres compensations au regard de ses méfaits.

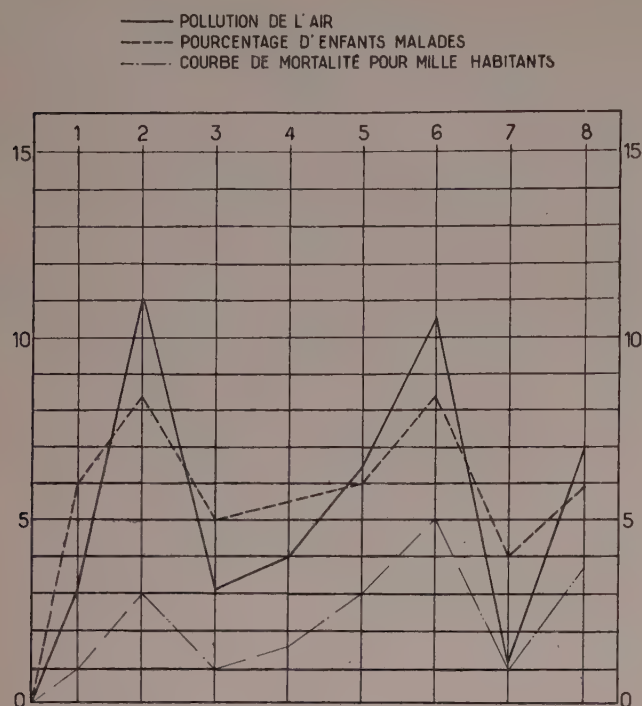


Fig. 2. — Courbes des maladies et des décès en fonction de l'air pollué. Les chiffres de 1 à 8 indiquent les différents quartiers de la ville d'Akrou (Ohio).

FILTRAGE

Ayant ainsi rappelé l'importance de la poussière et de ses méfaits, nous arrivons à la conclusion logique qui est de s'en débarrasser à tout prix dans les installations de conditionnement d'air dignes de ce nom.

Le filtrage de l'air constitue donc un nouveau stade dans l'évolution de la technique de l'air conditionné.

À l'origine, l'air a été simplement chauffé, puis humidifié, puis refroidi. Un nouveau stade consiste à le filtrer. Parallèlement on arrive d'ailleurs, dans certains cas, à le désodoriser et à le débarrasser des bactéries qu'il contient.

Pour fixer les idées, prenons une installation d'un débit de 10 000 m³/h qui est un chiffre très modeste; pour une concentration de 3 mg/m³ qui est normale, dans une zone comme la région parisienne. Le total des poussières captées par l'installation sera de 30 g à l'heure, soit 720 g pour 24 heures. Ceci vous donne une idée de l'importance du filtrage de l'air et de l'évacuation des poussières captées, donc du nettoyage des filtres.

Nous n'aborderons pas ici le filtrage de l'air comme nécessité d'une fabrication : séchage, finition de produits, cabines de peinture, filtrage de l'air comprimé, de l'air des turbines à gaz, etc..., mais simplement le filtrage en conditionnement d'air.

Il a de nombreuses applications : en dehors du confort proprement dit, l'élimination des poussières atmosphériques est indispensable, par exemple dans les laboratoires de fabrication de films, dans les industries chimiques, dans les fabrications d'antibiotiques, dans les textiles, dans la mécanique de haute précision, dans la fabrication des textiles artificiels, dans les brasseries et dans les installations d'énergie atomique.

La nature nous donne d'ailleurs l'exemple du filtrage de l'air. En effet, elle a placé des filtres à air naturels dans nos narines, mais, si ces filtres naturels ont pu apporter une protection suffisante à l'homme dans une époque de moindre industrialisation, ils ne peuvent absolument plus suffire devant l'augmentation de la concentration des poussières résultant de nos villes encombrées et de nos industries en plein développement.

La première idée qui est venue à l'esprit pour filtrer l'air fut d'utiliser des chambres de lavage qui figuraient autrefois dans toutes les installations d'air conditionné. Mais les possibilités des laveurs d'air sont assez limitées : dès 1926, dans un article publié par le Journal de la Société Américaine des Ingénieurs en Chauffage et Ventilation, l'un des principaux ingénieurs du conditionnement de l'air américain affirmait : « C'est un fait bien connu que les laveurs d'air du type à pulvérisation élimineront seulement 50 % des particules de carbone de l'air, ce qui nécessitera l'emploi de quelqu'autre méthode d'élimination de la poussière ». Ainsi, à l'époque où les laveurs d'air étaient largement employés pour le conditionnement, il était déjà de pratique courante aux États-Unis d'ajouter un filtre à air efficace pour fournir un nettoyage positif de l'air.

Ceci présente d'ailleurs un autre avantage : avec un système quelconque de conditionnement de l'air, il y a de nombreux jours, spécialement au printemps et à l'automne, où la température extérieure et l'humidité sont idéales; il importera seulement alors de nettoyer et distribuer l'air, le « conditionner » n'étant plus nécessaire. Puisqu'il coûte trois fois autant de faire marcher un laveur d'air (non compris la réfrigération) qu'un filtre à air automatique de débit égal, l'économie rendue possible par l'arrêt du laveur quand son action n'est pas nécessaire, affectera matériellement le prix de revient annuel de l'opération pour le système entier. Dans un cas où l'on a enregistré soigneusement les prix de revient, on a trouvé que l'économie annuelle résultant de cette méthode de marche représentait 19 % du prix d'achat des filtres à air.

Ainsi, alors que les conditions actuelles des poussières atmosphériques nécessitent le nettoyage de l'air, les économies réalisées par sa filtration moderne en font une économie réelle plutôt qu'une dépense supplémentaire.

Choix d'un filtre à air.

Pour sélectionner un filtre, différents facteurs sont à considérer.

Rappelons tout d'abord rapidement ce qu'est l'efficacité d'un filtre.

Par définition, l'efficacité est le rapport entre la quantité de poussière en amont du filtre et celle en aval. Elle s'exprime par la relation :

$$E = \frac{D_1 - D_2}{D_1}$$

dans laquelle, D_1 = la quantité de poussière par unité de volume de l'air poussiéreux;

D_2 = la quantité de poussière par unité de volume de l'air dépoussiéré.

Mesure de l'efficacité.

La difficulté consiste à trouver une méthode simple et exacte pour évaluer la quantité de poussière contenue dans l'air.

Différentes méthodes ont été ou sont utilisées. En France, une méthode standard est actuellement en cours d'élaboration et nous pensons qu'elle sera adoptée par tous les constructeurs de filtres, afin de rendre comparables les valeurs d'efficacité. En attendant que cette méthode soit définie,

il est admis d'utiliser les chiffres obtenus par les méthodes américaines et en particulier celle de l'A. S. H. V. E. (American Society of Heating and Ventilating Engineers), celle de l'A. F. I. (Air Filter Institute) et celle du N. B. S. (National Bureau of Standards).

La première méthode a été une méthode numérique. Elle consiste à projeter une quantité déterminée d'air sur une surface visqueuse et à décompter les particules de poussière au microscope, sur la base d'une échelle repère. L'inconvénient de cette méthode est qu'elle favorise les grosses particules, ce qui se traduit par des efficacités supérieures à 97 % ; elle n'est donc pratiquement plus employée.

Les trois méthodes couramment employées sont les suivantes :

1. Méthode pondérale.

L'A. S. H. V. E. emploie une méthode rapide qui utilise une poussière synthétique projetée avec une concentration pré-déterminée. Une quantité connue de poussière est projetée sur le filtre et un échantillon de l'air filtré est recueilli en aval du filtre dans une cartouche. La différence entre les poids initial et final de la cartouche donne une estimation facile de la capacité de retenue de poussière du filtre. Cette méthode n'est pratique que si l'on a une poussière assez lourde pour que de petites quantités puissent être pesées avec exactitude.

La poussière utilisée comprend du sable, du noir de fumée et des fibres de coton, en proportion se rapprochant le plus possible des compositions rencontrées dans la nature.

D'autre part, la granulométrie de ce mélange est la suivante :

— 39 %	de particules de	0 à 5 microns	—
— 25 %	—	5 à 10	—
— 19 %	—	10 à 20	—
— 17 %	—	20 à 50	—

Cette granulométrie a une grande importance. Vous remarquerez en effet que le pourcentage des particules inférieures à 5 microns constitue presque la moitié de la concentration totale. C'est ce que l'on rencontre dans la réalité si l'on tient compte des fumées qui, ainsi que nous l'avons vu précédemment, constituent les poussières les plus nuisibles. Il est en effet facile d'obtenir une efficacité élevée en utilisant une poussière de granulométrie également élevée ; il est aisé de comprendre que plus la dimension moyenne des particules est forte, plus l'efficacité est grande.

2. Méthode colorimétrique.

La méthode « poids » est valable pour les filtres visqueux ou secs dont l'efficacité est bonne. Quand on arrive dans les filtres à très haute efficacité (filtres spéciaux ou filtres électroniques), cette méthode pondérale devient inutilisable car l'efficacité n'est plus alors influencée par la densité de poussière.

Nous avons vu que les filtres électroniques retiennent des particules jusqu'au quart de micron qui, même en très grande quantité, n'affectent pas le poids d'un échantillon de poussière et sont cependant une importante source de détérioration.

Le procédé colorimétrique utilise du noir de fumée avec un faible pourcentage de matières fibreuses. Un volume déterminé d'air passe dans des éprouvettes de papier blanc filtrant disposées en amont et en aval du filtre. Une cellule photo-électrique apprécie le noircissement relatif de ces éprouvettes et par conséquent l'efficacité du filtre.

Le bleu de méthylène a également été préconisé mais le reproche qu'on fait à ce corps est double :

— Tout d'abord, il est peu fréquent de se trouver dans une

atmosphère qui contienne du bleu de méthylène. Comme l'intérêt d'une poussière type est de se rapprocher le plus possible de la poussière naturelle, l'utilisation de bleu de méthylène est évidemment discutable.

— D'autre part, alors que ce corps a une granulométrie théorique de 0,3 micron, il floccule assez facilement ce qui fait que lorsqu'un filtre se colmate au bleu de méthylène, on n'est absolument pas sûr que ce soient les particules d'origine qui sont retenues ou les particules après floculation.

D'autres produits ont été proposés : le bleu indigo et tout récemment le diéthyl phtalate, mais ils présentent le même inconvénient de se rencontrer peu couramment dans les atmosphères habituelles.

A titre indicatif, les filtres visqueux qui peuvent avoir une efficacité de retenue de 80 %, suivant la méthode pondérale, ne donnent plus que 12 % en méthode colorimétrique. Un filtre à papier cellulosique donnant une efficacité de 94 % suivant la méthode pondérale, ne donne plus que 30 % en méthode colorimétrique. Par contre les filtres électroniques donnent des efficacités de 80 et même 90 % suivant la méthode colorimétrique.

Ceci ne discrédite pas les filtres visqueux ou secs, mais montre que l'efficacité plus poussée des électroniques concerne les très fines poussières ; ils ne seront donc pas utilisés dans les mêmes occasions que les autres filtres.

On voit qu'il est assez difficile de définir une méthode exacte pour mesurer l'efficacité des filtres. C'est pourquoi les Américains préfèrent une méthode plus simple : on utilise un filtre étalon quel qu'il soit, (un filtre en feutre de verre par exemple) et on lui attribue par définition une efficacité de 100 ; on étudie ensuite d'autres filtres par comparaison avec celui-ci en les plaçant en parallèle dans le même circuit d'air atmosphérique.

Les deux filtres étant comparés à la même époque et dans les mêmes conditions, les résultats obtenus sont comparables. Ceci conduit à avoir des filtres qui ont par rapport au filtre étalon, soit une efficacité de 80 % par exemple, soit de 120 %. C'est donc une méthode uniquement relative.

3. Comparateur de Reed.

Une troisième méthode, visuelle, est obtenue par l'utilisation du comparateur de Reed. C'est une méthode qui permet un essai rapide des filtres ordinaires.

Ce comparateur consiste en un carré de celluloid comportant une concavité centrale. Ce carré est enduit d'une matière visqueuse qui retient les particules de poussière et l'on en place un en amont et un en aval du filtre à étudier. Au milieu de la concavité est percé un trou destiné à maintenir une circulation d'air et à éviter la formation d'une couche stagnante.

Il ne faut pas perdre de vue que les résultats donnés par ces méthodes ne sont absolument pas comparables entre eux.

DÉTERMINATION D'UN FILTRE

Nous arrivons maintenant à l'examen des moyens permettant la détermination d'un type de filtre. La gamme des filtres offerts aujourd'hui à l'industrie est en effet considérable : elle s'étend du filtre en laine de verre à 1 000 F jusqu'aux filtres électroniques automatiques dont le prix se chiffre en dizaines de millions pour les très grosses unités. Entre ces deux extrêmes se situent différents types de filtres et l'utilisateur peut, à juste titre, se demander avec embarras lequel convient le mieux à son cas particulier.

Trois grands principes d'épuration sont retenus :

— Filtration à sec ;

- Imprégnation visqueuse;
- Précipitation électronique.

A chacune de ces solutions correspondent trois principaux types de filtres :

- *Filtres à cellules*, les plus simples, que l'on reconditionne par simple nettoyage;
- *Filtres remplaçables*, que l'on reconditionne par remplacement de la cellule filtrante complète ou simplement du média filtrant;
- *Filtres automatiques*, dont le nettoyage s'effectue par rotation des éléments filtrants.

Pour sélectionner un filtre, différents éléments sont à considérer :

I. — *Le type du filtre* sera d'abord déterminé par l'examen des caractéristiques suivantes :

- 1° Le débit;
- 2° Les conditions de fonctionnement;
- 3° La concentration en poussière;
- 4° La facilité d'entretien;
- 5° L'espace disponible;
- 6° La dépense admissible.

II. — *Les dimensions du filtre* seront ensuite déterminées par l'examen des caractéristiques suivantes :

- 1° Débit du ventilateur;
- 2° Pression statique disponible ou admissible;
- 3° Résistance en cours d'exploitation;
- 4° Possibilité de surcharge.

1. Type du filtre.

1. Le débit.

Ce n'est pas le facteur décisif, bien qu'important, puisque, si la moyenne des milliers de filtres automatiques utilisés correspond à un débit unitaire de 34 000 m³/h, par contre, il y a un bon nombre d'installations de filtres à cellules qui vont jusqu'à 170 000 m³/h.

En général on emploiera :

- *Un filtre automatique*, à imprégnation visqueuse et nettoyage automatique, ou remplacement du média filtrant, pour les grands débits;
- *Un filtre à cellules* à imprégnation visqueuse pour les débits intermédiaires;
- *Un filtre renouvelable* pour les faibles débits.

2. Conditions de fonctionnement.

Si le filtrage doit être en service continu, ou tout au moins proche de vingt-quatre heures par jour, on utilisera un filtre automatique; de même si l'on désire une perte de charge constante.

Par contre, pour un service plus réduit, de l'ordre de huit à dix heures par jour, on pourra se contenter d'un filtre à cellules dont l'entretien sera fait manuellement; dans ce cas d'ailleurs, il est recommandé de procéder à cet entretien par roulement, de façon que la perte de charge s'établisse à une valeur moyenne constante.

3. La concentration en poussière.

Pour les fortes concentrations, on utilisera des filtres visqueux, dont certains, spécialement étudiés, ont une capacité en poussière quatre à cinq fois supérieure à celle d'un filtre en laine de verre par exemple.

Pour les concentrations moyennes ou faibles (inférieures ou égales à 2,3 mg/m³), c'est-à-dire celles que l'on rencontre couramment en conditionnement d'air, on utilisera les filtres secs, et, à notre avis, il y a dans ce domaine un grand débouché pour les filtres automatiques à média remplaçable (papier cellulosique spécial ou assemblage de fibres de verre).

Pour les poussières granuleuses on utilisera un filtre visqueux.

Pour les poussières fibreuses, comme c'est le cas dans le textile par exemple, un filtre à papier.

Pour une efficacité exceptionnellement élevée, on emploiera un filtre électronique éventuellement associé avec un filtre ordinaire qui retient les plus grosses particules.

4. Facilité d'entretien.

Si l'on désire un faible entretien, on prendra un filtre auto-nettoyant.

Dans le cas des filtres à cellules à imprégnation visqueuse, il ne faut pas oublier de prévoir l'emplacement pour le dispositif de nettoyage manuel, l'alimentation en eau chaude ou en vapeur et le raccordement à l'égout. Comme il n'est pas toujours possible de trouver cet emplacement à côté du filtre, on abandonnera dans ce cas l'idée du filtre à cellules, pour celle du filtre à nettoyage automatique ou celle du filtre à média remplaçable ou du filtre entièrement remplaçable. De même, si l'accès au filtre est difficile ou si l'on doute du respect par le personnel des consignes assurant la régularité du nettoyage, on utilisera un filtre automatique.

5. Espace disponible.

Si l'on dispose d'un espace bas, on utilisera des filtres à cellules, visqueux ou secs. Si par contre, la hauteur disponible est assez grande, on utilisera des filtres automatiques car, dans ce cas, la réalisation d'un plan filtrant, composé de cellules multiples, nécessiterait l'utilisation d'échafaudages pour les opérations de nettoyage.

Si l'on dispose d'un espace étroit on utilisera des filtres à cellules qui permettent une disposition autre qu'en ligne droite : en « V » ou en trapèze par exemple. Il faut toutefois, dans ce cas, apporter le plus grand soin à ce que l'air soit distribué aussi uniformément que possible sur toute la surface frontale; en effet, les caractéristiques indiquées par les constructeurs s'entendent pour un sens de passage de l'air normal à la face du filtre.

Il ne faut pas oublier non plus, dans le cadre de l'espace disponible, de tenir compte de la profondeur du filtre dans le sens de l'air ainsi que des chambres de visite qui sont nécessaires en amont et en aval.

6. Dépense d'investissement.

L'élément déterminant sera le plus souvent l'équilibre entre la dépense de premier établissement et celle d'exploitation.

Les filtres renouvelables ont une dépense de premier établissement faible et des frais d'entretien relativement élevés. On peut admettre que le coût annuel est au moins égal au premier achat.

Les filtres lavables nécessitent une dépense de premier investissement plus élevée et un entretien moins élevé puisque celui-ci se limite à l'achat d'huile et à l'utilisation de main-d'œuvre.

Les filtres automatiques nécessitent une première dépense plus élevée que les précédentes; par contre l'entretien est pratiquement nul.

Enfin, les filtres automatiques électrostatiques ont un prix d'achat environ deux fois plus élevé que celui du filtre automatique visqueux de même débit. L'entretien est pratiquement le même en valeur puisqu'il se limite au remplacement des fils ionisants et à la rectification des tubes.

II. Dimensions du filtre.

Elles seront déterminées par l'examen des facteurs suivants :

1. Débit du ventilateur.

En général on prendra un filtre d'un débit nominal légèrement supérieur au débit du ventilateur; une marge de 10 % est normalement admise comme donnant une sécurité suffisante.

2. Pression statique disponible ou admissible.

Dans le cas d'une installation neuve cette donnée importe en général peu, car on peut toujours prévoir quelques millimètres de plus dans les caractéristiques du ventilateur. Cela par contre n'est pas toujours possible quand on vient intercaler des filtres sur une installation existante et, dans certains cas, l'impossibilité de modifier les caractéristiques du ventilateur amènera à utiliser un type de filtre à perte de charge réduite.

3. Variations de la perte de charge en cours d'exploitation

Dans un filtre automatique la perte de charge varie légèrement avec la concentration de poussière, mais une fois établie elle reste pratiquement constante.

Dans le cas des filtres visqueux, la fréquence de nettoyage ne doit pas être inférieure à six semaines, sinon c'est l'indication que le nombre de filtres est trop faible. Il faut donc, soit augmenter le nombre des cellules, soit passer à un filtre automatique.

4. Possibilité de surcharge.

Si un filtre subit une surcharge supérieure à 10 % de sa capacité nominale, ses caractéristiques se trouvent sérieusement perturbées. On risque, de plus, dans les filtres à imprégnation visqueuse, des entraînements d'huile.

Par contre, on peut réduire la charge d'un filtre de 50 %.

Installation d'un filtre.

Le filtre étant ainsi déterminé, en type et en dimensions, il convient de l'installer.

Pour cette opération, plusieurs considérations sont à retenir :

- 1° Emplacement par rapport au ventilateur;
- 2° Emplacement par rapport aux batteries de chaud ou de froid;
- 3° Répartition uniforme de l'air;
- 4° Accessibilité;
- 5° Emplacement de l'aspiration;
- 6° Influence de recyclage.

1. Emplacement par rapport au ventilateur.

Le filtre peut être disposé aussi bien à l'aspiration qu'au refoulement; cependant on préfère l'installer à l'aspiration pour trois raisons :

- a) les gaines de raccordement sont plus simples;
- b) on diminue les pertes de pression statique;
- c) la répartition de l'air sur la surface des filtres est meilleure.

Pour un très haut degré de dépoussiérage, par contre, il est souvent indiqué de disposer le filtre au refoulement du ventilateur, car la pression sur la gaine côté air est intérieure, et ainsi une fuite éventuelle correspond à une perte d'air propre et non à une rentrée d'air non filtré.

2. Emplacement par rapport aux batteries de chaud ou de froid.

Le vitesse de passage de l'air à travers les batteries est du même ordre de grandeur que celle dans les filtres; il est donc logique de rassembler ces éléments.

L'emplacement idéal pour un filtre est évidemment à l'entrée de la prise d'air. Certains filtres automatiques à imprégnation visqueuse devaient être placés après la batterie de préchauffage; avec les filtres modernes cette sujétion n'existe plus.

La position du filtre avant toute batterie est doublement intéressante : elle évite l'encrassement des batteries et, les batteries étant exemptes de poussières, l'odeur de carbonisation n'existe pas.

Si la température d'air chaud est inférieure à 40° C, le filtre peut être disposé après la batterie, sinon il doit être disposé avant.

Dans tous les cas, disposer le filtre avant la batterie supprime l'encrassement de celle-ci : c'est donc plus logique.

Il y a lieu de prévoir un espace minimum de 0,600 m entre le filtre et la batterie.

3. Répartition uniforme de l'air.

La répartition de l'air sur les filtres doit être aussi uniforme que possible. Ceci est absolu pour les filtres électroniques.

La vitesse dans les gaines étant supérieure de plusieurs fois à celle dans les filtres, on devra faire des réductions de section aussi progressive que possible : les angles de ces réductions devront être supérieurs à 45° C et de préférence de l'ordre de 60° C. De même, on prendra un filtre dont la hauteur et la largeur seront sensiblement égales, surtout si l'on est près de l'aspiration du ventilateur. Dans le cas d'un filtre électronique, il est recommandé de placer des tôles perforées en amont pour améliorer la répartition de l'air.

4. Accessibilité.

Il est toujours recommandé de prévoir 0,600 m à 0,900 m au minimum, de part et d'autre du filtre.

5. Emplacement de l'aspiration.

La prise d'air extérieure devra évidemment être disposée aussi haut que possible au-dessus du sol. La concentration en poussière est en effet maximum au niveau du sol.

6. Influence de recyclage.

Un seul filtre peut traiter l'air frais et l'air recyclé, mais il est souvent préférable d'en installer deux, car ils peuvent être de types différents. En effet, par exemple, la reprise peut comporter un certain pourcentage de fibres nécessitant un

filtre sec, alors que l'air frais contient des poussières atmosphériques justiciables d'un filtre visqueux.

Pour en finir avec les questions d'installation, nous rappellerons quelques principes auxquels on ne doit pas déroger, et qu'il n'est pas inutile de souligner :

- Les gaines doivent être très soignées;
- Les joints étanches;
- Les portes mastiquées;
- Il faut prévoir un manomètre pour contrôler le colmatage du filtre;
- Dans le cas d'aspiration directe à l'extérieur, ne pas oublier d'établir une protection contre les intempéries;
- Enfin, l'emplacement des bouches de soufflage sera déterminé avec soin, si l'on n'utilise pas de filtre électronique, afin d'éviter ou tout au moins de réduire au minimum le noircissement des murs.

CONCLUSION

A la fin de cet exposé, nous pouvons dire qu'un filtre à air est maintenant considéré comme une partie essentielle de tout système de ventilation ou conditionnement de l'air. Aucun architecte ou ingénieur bien informé ne penserait aujourd'hui à construire un immeuble avec ventilation mécanique ou conditionnement de l'air, sans spécifier des filtres à air convenables.

Les fabricants de calorifères à air chaud, de conditionneurs, etc... équipent de filtres à air leurs appareils de chauffage ou de conditionnement de l'air.

En résumé, le filtrage de l'air en conditionnement présente les avantages suivants :

1. Il réduit la fréquence du renouvellement de la décoration (hôtels, musées, bibliothèques, etc...).

2. Il réduit le prix de revient des nettoyages. On a calculé en effet que, dans la région parisienne, on peut estimer à 1 million le nombre des femmes qui passent chaque jour deux heures à leur ménage. Cela représente 2 millions d'heures de travail perdues auxquelles il faut ajouter les dépenses de nettoyage des rideaux, tentures, etc..., le mobilier à réparer, revernir, etc... De plus cette main-d'œuvre est d'autant plus perdue que le nettoyage consiste le plus souvent à réexpédier chez les voisins la poussière extraite d'un endroit. Si donc, tous les immeubles étaient alimentés en air filtré, toutes ces dépenses disparaîtraient.

3. Il sauvegarde la santé.

Une compagnie d'assurances rapporte une réduction de 45 % dans les absences parmi les employés (absences dues à des maladies), depuis qu'ils sont passés dans un nouvel immeuble bien ventilé avec de l'air filtré. Une diminution de 13,8 % des absences dans une école est attribuée à une ventilation convenable par air filtré.

4. Il augmente le rendement du personnel.

5. Il protège les produits contenus dans les immeubles.

Les marchandises deviennent défraîchies par l'étalage et sont vendues à perte; les meubles sont salis et doivent être nettoyés ou remplacés; les peintures sont ternies; les livres de valeur et les pièces de musée sont détériorés. Tout cela est dû à la poussière et à la saie.

Les filtres d'air empêchent la poussière atmosphérique d'entrer dans un immeuble et protègent ainsi l'intérieur aussi bien que les occupants.

L'air filtré est devenu une exigence de notre vie industrielle, commerciale et sociale.

Nous souhaitons donc vous avoir convaincus du caractère indispensable des filtres dans les installations modernes de conditionnement d'air.

M. le Président Tunzini. — Je crois encore devoir remercier M. Jeanmaire de la promenade qu'il vient de nous faire faire au milieu des poussières et des moyens pour éviter leur dispersion. Il n'a peut-être pas, comme vous l'auriez désiré, mis autant qu'il aurait pu être nécessaire l'accent sur la partie industrielle du filtrage ou du dépoussiérage de l'air. Mais cependant je crois que, étant donné l'exposé qu'il vous a fait des différents moyens, des différents matériels et des différents avantages qu'il pouvait y avoir à utiliser tel ou tel autre filtre, il vous permettra de réaliser dans les installations industrielles un filtrage absolument convenable.

Ce matin M. Blondel a attiré tout particulièrement notre attention sur l'application, dans le textile, du filtrage de l'air. Ce problème, dans la rénovation en cours au sein de l'industrie textile, va prendre une forme extrêmement importante et je crois que la communication qui a été placée dans le circuit de ce jour méritait de l'être parce qu'elle répond bien aux données de l'heure.

D'autre part, en ce qui concerne le traitement de tous les appareils standard que nous voyons mis à notre disposition, qu'il s'agisse d'armoires frigorifiques, de machines à laver ou d'autres encore, il est certain que l'application des peintures telles qu'elles sont faites maintenant ne peut être faite sainement que si le filtrage de l'air est réalisé au préalable et si, d'autre part, l'on met les ouvriers qui sont chargés de faire ces applications dans des conditions humaines.

C'est donc dire que si le filtrage est un élément du conditionnement de l'air, il est aussi devenu un des éléments importants du souci d'hygiène que nous devons avoir dans nos réalisations industrielles.

Nous avons pensé que le problème que va vous exposer M. Raussou serait susceptible de vous intéresser particulièrement. L'électronique, avec la rapidité des développements scientifiques auxquels nous assistons, explique l'insuffisance de nos moyens d'information et de formation technique. Dans la progression générale, les électrons, ces infiniment petits, ont conquis une place immense qui s'accroît sans cesse. Les électrons asservis permettent d'innombrables applications industrielles : servo-mécanismes, régulation, télémesures; c'est dire qu'ils viennent encore ajouter à toutes nos difficultés de l'industrie du conditionnement d'air industriel.

Je vais donner la parole à M. Raussou qui est Ingénieur de l'École des Travaux Publics, qui a fait sa vie active auprès de M. Moreau-Faivre, dont nous avons tous connu et les qualités techniques et les qualités d'homme. Lorsque M. Raussou est rentré de captivité, il est revenu continuer l'œuvre commencée. C'est-à-dire que dans le milieu de la régulation automatique il a une autorité que beaucoup de personnes veulent bien lui reconnaître.

Conditionnement d'air

APPLICATION DES MATÉRIELS DE RÉGULATION ÉLECTRONIQUE AUX PROBLÈMES DE RÉGLAGE DE COMMANDE AUTOMATIQUE ET DE SÉCURITÉ DES INSTALLATIONS DE CONDITIONNEMENT D'AIR INDUSTRIEL

par **M. J. RAUSSOU**

Directeur Général de la Compagnie Électro-Technique
de Régulation

Généralités.

Les applications industrielles de l'électronique dont nous venons de voir un exemple dans les problèmes de dépoussiérage des installations de conditionnement d'air industriel, s'étendent également à d'autres parties de ces installations : régulation — contrôle — commande automatique.

Or, il faut reconnaître que les applications de l'électronique dans les domaines industriels ont suscité à la fois un intérêt et une méfiance indiscutables.

L'intérêt provient du développement important de l'électronique pendant la guerre, les réalisations spectaculaires dont nous avons été témoin l'ont rendue populaire : radar, têtes chercheuses, projectiles téléguidés, télécommande, télévision, calculatrices électroniques etc...

La méfiance provient de certaines applications industrielles faites après la guerre pour la commande automatique de

machines, le chauffage, la soudure par point, la commande de moteur, les servo-mécanismes. Les insuccès ont ralenti la diffusion des appareillages électroniques dans l'industrie. On peut se demander si cette hésitation est justifiée. L'analyse des raisons des insuccès va permettre de répondre à cette interrogation.

Reproches faits à l'électronique.

- Les insuccès étaient dus à plusieurs causes :
 - Aa complexité des appareillages;
 - A la fragilité des éléments constitutifs;
 - A la puissance consommée parfois prohibitive;
 - Aux problèmes posés par l'entretien et le dépannage;
 - Au prix élevé du matériel.

RÉSUMÉ

Les applications industrielles de l'électronique peuvent également s'étendre aux problèmes de régulation, de contrôle et de commande automatique, malgré quelque méfiance due à certains insuccès relatifs à la complexité et à la fragilité des appareillages, la puissance consommée, les difficultés d'entretien et le prix, tout au moins pour certaines applications industrielles.

Toutefois, les matériels électroniques utilisables dans les problèmes de conditionnement d'air sont des régulateurs de température ou d'humidité, des enregistreurs de température, moins fragiles et consommant peu de puissance; il est possible de construire un matériel standardisé échappant aux reproches anciens.

Les régulateurs électroniques permettent d'obtenir soit un réglage « tout ou rien », soit un réglage « asservi », soit un réglage « progressif ».

Les nouveaux matériels se prêtent également avec facilité à la réalisation de la commande automatique des appareils et à celle des dispositifs de sécurité.

On peut espérer que les avantages des appareillages nouveaux amèneront une extension de leurs utilisations.

SUMMARY

The application of electronics in industry may be extended to the problems of regulation, control and automatic command in spite of a certain lack of confidence which has resulted from failures concerning the complexity and fragility of the equipment, the power consumed, maintenance difficulties and the cost, at least in certain industrial applications.

However, electronic equipment used in air conditioning consists of temperature and humidity regulators and temperature meters, less fragile and consuming less power; it is possible to construct standardized equipment which eliminates the old criticisms.

Electronic regulators allow either "hit or miss", "follow-up", or "progressive" regulation.

The latest equipments also permit with ease both automatic control of installations and also utilization on safety devices.

It is to be hoped that the advantages of these new apparatuses will lead to an extension of their application.

— La complexité était due au fait que les circuits, les relais, les tubes électroniques, les condensateurs, les résistances croissent rapidement en nombre lorsqu'il est nécessaire d'obtenir une très grande amplification, d'assurer la stabilité des amplificateurs et de commander plusieurs organes de manœuvre. Des problèmes compliqués d'automatisme avaient été envisagés et avaient entraîné l'utilisation des circuits complexes imposés par la nature du problème à résoudre et l'utilisation d'un grand nombre d'éléments.

— La fragilité résidait dans les tubes et leurs filaments, électrodes etc... et dans le petit matériel annexe : résistances, condensateurs, relais. A l'époque le matériel utilisé était le même que celui d'usage courant en radio et n'était pas prévu pour supporter de manière permanente des vibrations, des chocs, des excès de tension ou de température. Or, les conditions industrielles d'utilisation placent souvent les appareils dans des conditions mauvaises et exigent parfois un service continu de jour et de nuit. Les pièces détachées utilisées n'étaient pas prévues pour assurer ce dur service d'où les ennuis constatés.

— L'excès de consommation résultait du nombre de circuits, de relais de résistances de tubes utilisés.

— Les problèmes d'entretien et de dépannage étaient importants car la fragilité des appareils entraînait des pannes fréquentes qui pouvaient être très graves pour certaines installations industrielles. Le dépannage d'un matériel complexe exigeait un personnel spécialisé difficile à trouver ou à former et imposait une charge financière trop élevée car dans bien des cas le faible nombre de matériels utilisés dans une usine ne justifiait pas la création d'un service spécialisé.

— Les prix enfin étaient élevés du fait du grand nombre de pièces utilisées et aussi du fait des études coûteuses qu'il était nécessaire d'entreprendre pour résoudre dans chaque cas les problèmes posés.

Les appréhensions des industriels étaient donc fondées sur des faits dont la gravité n'a pas échappé aux constructeurs. Depuis cette époque de gros efforts ont été faits pour mettre sur le marché des pièces détachées du type industriel et il est opportun d'examiner si le matériel électronique utilisable dans les appareillages de conditionnement d'air mérite encore les reproches qui viennent d'être exposés.

Qualité du matériel moderne.

— En premier lieu il faut remarquer que les matériels électroniques utilisables dans les problèmes de conditionnement d'air ne sont pas les mêmes que ceux qui ont suscité les reproches antérieurs. En effet en conditionnement d'air il n'est question ni de servo-mécanismes compliqués, ni en général de commandes progressives de vitesse de moteurs. Il s'agit seulement de régulateurs de température ou d'humidité, de lecteurs ou enregistreurs de température, de servo-mécanismes de faible puissance : quelques dizaines de watts au maximum et non de kilowatts.

— La complexité se trouve donc diminuée ; il suffit de disposer d'amplificateurs stables de puissance modérée ; le nombre de circuits, de tubes, résistances, condensateurs est réduit ; les schémas sont compréhensibles au premier examen parce que universellement utilisés à quelques variantes près.

— La fragilité du matériel utilisé a considérablement diminué ; des tubes de sécurité ont été mis sur le marché. Soumis à des essais sévères, certains tubes peuvent résister aux vibrations, chocs et courants ; assurer plus de 5 000 allumages et durer 10 000 heures. Ceci assure une utilisation de deux années à raison de 24 heures par jour pendant 180 jours par an, ou de plus d'une année en cas de marche continue de jour et de nuit. Un effort considérable a été fait dans la fabrication des pièces détachées : leur standardisation a été poussée, leur tropicalisation leur permet de travailler sans défaillance dans

les atmosphères chaudes et humides et sans altération de leurs caractéristiques.

— L'entretien et le dépannage se trouvent considérablement simplifiés à la suite des améliorations ci-dessus ;

— La robustesse des tubes et éléments rendent les pannes plus rares ;

— La simplification des schémas et leur standardisation facilitent le dépannage et l'entretien par un personnel moins spécialisé et facile à trouver.

— Enfin, malgré l'augmentation de la qualité des pièces et de leur prix, la dépense totale est moins élevée et devient acceptable par suite de la diminution du nombre de pièces et surtout de la standardisation des appareillages utilisés dans les applications courantes. Seules des applications inhabituelles entraînent des études d'appareillage complexes et un prix de revient élevé.

De tout ceci on peut conclure que les progrès considérables qui ont été réalisés permettent de construire un matériel échappant aux reproches anciens, matériel standardisé et adapté aux problèmes du conditionnement d'air. En fait on trouve sur le marché français des appareils de classe internationale d'un fonctionnement sûr, durable et précis et d'un prix compétitif.

Possibilités des régulations électroniques.

Il s'agit principalement de régulateurs ou enregistreurs de température et d'humidité (la commande électronique de la variation continue de la vitesse des moteurs de ventilation étant utilisée assez rarement dans le conditionnement d'air).

Les problèmes du réglage de la température et de l'humidité de l'air se posent en effet à chacun des stades du traitement de l'air dans le système du conditionnement d'air industriel et domestique.

On se contente parfois d'utiliser pour ces réglages des thermostats ou hygrostats « tout ou rien » ou « progressif » « flottants ou asservis » contrôlant la température et l'humidité de l'air traité.

Cette méthode de réglage a l'inconvénient de ne pas rechercher le minimum de frais d'exploitation. Or, il est bien connu qu'un des obstacles à la grande diffusion du conditionnement d'air est le coût élevé de l'exploitation. Tous les efforts des constructeurs tendent à réduire ces frais : la régulation électronique apporte des facilités nouvelles. En effet grâce à l'amplification électronique on peut obtenir des régulateurs aussi sensibles qu'il est nécessaire. Il devient donc aisé de déceler les plus faibles variations de température et d'humidité de l'air traité, et tout en conservant la sensibilité, de combiner plusieurs variables dans le même régulateur pour réaliser les conditions de fonctionnement économiques recherchées.

Par exemple, il est possible dans un conditionneur complet d'hiver et d'été :

— De procéder à un mélange d'air neuf et d'air repris suivant les chaleurs totales relatives en tenant compte des conditions que doit posséder l'air après le laveur.

— De régler un laveur et son by-pass, une batterie froide et son by-pass, en modifiant la température de saturation après lavage, les mélanges, le point de rosée après la batterie froide, compte tenu de la chaleur totale de l'air entrant et des conditions obligées de l'air sortant du conditionneur, cela en vue d'obtenir la consommation minimum de frigories.

— De définir les températures de point de rosée et de l'air sortant du conditionneur, en fonction des conditions extérieures, des apports de chaleur et d'humidité intérieures (occupant) pour obtenir des conditions intérieures de confort (température et humidité relatives) fonction elles-mêmes de la tempé-

rature extérieure (pour éviter les effets de chocs et une dépense excessive).

Pour réaliser tous ces réglages on peut utiliser des régulateurs électroniques dans lesquels chaque variable indépendante est représentée par une résistance métallique, de valeur variable avec la température, de faible inertie thermique, donc de réponse rapide.

Pour des applications spéciales, l'utilisation de thermistances permet d'augmenter de six à dix fois la sensibilité de la détection des variations de température.

Les lois de correspondance entre les variables peuvent être fixées à l'aide de réglages individuels agissant sur le point de réglage de la température et sur la pente de la loi de correspondance, de manière indépendante. Le réglage devenu très facile permet à l'utilisateur de corriger ou de modifier le fonctionnement à volonté.

La détection de l'humidité est réalisée soit par une sonde psychrométrique à résistance, soit par une sonde à sels hygroscopiques. Chacune de ces sondes a ses avantages et ses inconvénients. Si les sondes psychrométriques ont l'inconvénient d'exiger une surveillance du niveau d'eau de l'humidificateur, elles ont par contre, l'avantage de permettre avec une même sonde compensée, la mesure de toute humidité à toute valeur de température usuelle.

Si avec les sondes à sels hygrométriques, il n'y a plus à surveiller d'humidificateur, par contre ces sondes sont plus fragiles, chacune ne couvre que 10 % environ d'humidité relative et la température de l'air contrôlé ne doit absolument pas dépasser 40°.

Ce sont les conditions d'utilisation qui permettent de choisir la sonde la mieux adaptée.

Types de régulateurs.

Les types de régulateurs électroniques sont extrêmement divers. Les régulateurs électroniques sont surtout caractérisés par leur amplificateur. On peut considérer les amplificateurs du point de vue de leur fonctionnement électrique et du point de vue de leur action thermique.

Du point de vue des caractéristiques électriques, les amplificateurs utilisés dans les régulateurs de conditionnement d'air, ne sont pas semblables aux amplificateurs utilisés en radio ou en télévision. Ils sont beaucoup plus simples. En effet les questions de linéarité de réponse et de distorsion n'ont pas la même importance dans les deux techniques.

En régulation les servo-moteurs d'utilisation sont assez insensibles aux phénomènes de distorsion ; ce qui n'est pas le cas des haut-parleurs, et une chaîne de haute fidélité n'est pas nécessaire.

On demande simplement aux amplificateurs de ne pas introduire de retard de réponse, ce qui est évidemment facile à réaliser étant donné la différence de temps de transfert qui existe d'une part dans l'amplificateur électrique (quelques millisecondes) et d'autre part dans les phénomènes thermiques à contrôler (au minimum plusieurs secondes, quelquefois la minute et souvent plusieurs minutes).

Par contre on leur demande d'être plus sûrs, toute défaillance d'où qu'elle vienne devant être évitée.

Du point de vue de leur action thermique, les différents amplificateurs utilisés permettent d'obtenir soit un réglage « tout ou rien » soit un réglage « asservi », soit un réglage « progressif avec compensateur automatique d'inertie ».

Le choix entre ces divers fonctionnements est guidé par la nature de l'organe de réglage existant.

Dans un conditionneur le réglage des débits, des mélanges se fait d'une manière progressive.

L'asservissement pur est utilisé lorsque à chaque position de réglage correspond toujours la même puissance fournie.

Si au contraire la puissance nécessaire varie d'une manière quelconque, il est tout indiqué d'utiliser le réglage flottant assorti d'une compensation automatique d'inertie si le délai de réponse thermique est notable.

La commande par tout ou rien est utilisée dans la commande des compresseurs frigorifiques. Lorsque ceux-ci sont à plusieurs étages, la commande des divers étages se fait progressivement.

Cascades progressives à programme.

Cette commande progressive est réalisée à l'aide de cascades progressives à programme.

Ces cascades ont une mission quintuple :

a) Proportionner la puissance mise en jeu à la puissance consommée.

b) Maintenir la température du fluide réglé entre deux valeurs imposées (4 à 6° C par exemple).

c) Éviter les mises en route et arrêts trop fréquents préjudiciables à la bonne tenue des matériels (compresseurs contacteurs, moteurs) par l'utilisation de vitesses différentes et temporisées à l'enclenchement et au déclenchement.

d) Assurer la sécurité contre le gel du fluide réfrigéré en arrêtant impérativement le fonctionnement des compresseurs.

e) Après une coupure de courant, éviter la mise en service simultanée des divers étages des compresseurs et imposer au contraire leur remise en marche progressive à partir de l'arrêt.

Commande automatique.

On voit ainsi que ces nouveaux matériels se prêtent facilement à la réalisation de l'automatisme. On peut installer une cabine de conditionnement d'air à fonctionnement entièrement automatique répondant par exemple au programme suivant :

a) Mise en service à une heure déterminée fixe ou variable automatiquement grâce à un starter.

b) Ouverture et positionnement des volets d'air neuf et d'air repris, soit en fonction des conditions d'hygiène soit en fonction des conditions d'économies (comparaison des chaleurs totales).

c) Ouverture des vannes de réglage des batteries primaires, secondaires et tertiaires, et mise en marche des pompes et groupes frigorifiques.

d) Démarrage PV GV des ventilateurs soufflage et extraction seulement lorsque la température du fluide circulant dans les batteries sera suffisamment élevée pour éviter tout risque de gel.

e) Réglage du point de rosée à des valeurs variables suivant les lois correspondant au grand froid, à l'hiver, à la demi-saison, à l'été, avec correction éventuelle suivant les conditions extérieures réelles, par action progressive flottante étant donné la charge variable et avec compensateur automatique d'inertie, agissant en cascade sur la batterie primaire, le volet de mélange, le volet de by-pass de laveur, la vanne d'eau glacée de pulvérisateur, et la batterie froide.

f) Réglage des groupes frigorifiques à étages multiples par une cascade progressive automatique.

g) Réglage de la température de l'air soufflé à des valeurs variables suivant les lois d'hiver, de demi-saison et d'été avec correction suivant la température intérieure réelle, par

action progressive flottante étant donné les apports intérieurs variables, avec compensateur automatique d'inertie et en cascade, sur la batterie secondaire et sur les volets des by-pass (laveur et batteries secondaires).

Remarque. — Il est à noter que cette commande se jumèle avec la commande du point de rosée et que ce sont dans chaque application et schéma envisagés, les conditions économiques (comparaison des chaleurs totales fixées) qui permettent de choisir la commande à réaliser.

h) Mise à l'arrêt en fin de service :

- des groupes frigorifiques;
- des ventilateurs;
- des pompes;
- fermeture des vannes;
- fermeture des volets air neuf et air repris.

Sécurité.

a) *Pendant les arrêts*, surveillance antigel, remettant en route les pompes et ouvrant les vannes des batteries pour éviter le gel des batteries (éventuellement des locaux avec remise en route de ventilateur et réglage à température minimum).

b) Pendant la journée, mise à l'arrêt de l'installation si la température du fluide d'alimentation des batteries tombe à une valeur dangereuse (gel).

c) Pour une application industrielle dans laquelle un dérèglement important (ou une panne) risque d'apporter des perturbations importantes dans la fabrication (interruption d'une chaîne par exemple) il y a lieu d'ajouter certaines sécurités.

1° En cas de dérèglement important du point de rosée, prise en charge du réglage par un régulateur de secours.

2° En cas de dérèglement important de la température intérieure ou de la température de l'air soufflé, prise en charge du réglage par un régulateur de secours.

Dans les deux cas, alarme lumineuse et sonore permettant l'intervention du service d'entretien.

Bien d'autres réalisations sont possibles et celle-ci n'a été décrite que pour concrétiser les possibilités de ces nouveaux ensembles qui permettent d'apporter aux installations de conditionnement d'air, le maximum d'automatisme, de sécurité, de précision et d'économie dans l'exploitation.

Il est vraisemblable que d'autres perfectionnements interviendront qui auront l'avantage d'apporter aux régulateurs actuels, dont les fonctions sont nettement définies, de nouveaux amplificateurs d'une sécurité de fonctionnement accrue.

Nous assistons en effet en ce moment au développement considérable de la technique des semi-conducteurs : les transistors sont en train de détrôner les tubes à vide dans les postes de radio, les appareils de surdité, les cameras et postes de télévision.

Seul leur manque de puissance ne permet pas leur emploi pratique dans les appareillages industriels mais les recherches se poursuivent activement. Alors qu'il y a quelques années la puissance de sortie d'un amplificateur à transistors était de quelques dixièmes de Watt, elle atteint maintenant 2 ou 3 W. Cette année des transistors dissipant 15 W ont été présentés. Comme la puissance des servo-moteurs couramment utilisés est de 30 W on peut penser que dans peu de temps l'utilisation de cette nouvelle technique pourra être envisagée.

Les appareillages nouveaux seront probablement d'un prix plus élevé que les anciens.

Mais on peut penser qu'ils apporteront de tels avantages : encombrement réduit, durée de vie illimitée, consommation quasi nulle, robustesse exceptionnelle, que leur utilisation se répandra rapidement.

M. le Président Tunzini. — Je veux remercier M. Raussou de son exposé qui ouvre encore de nouveaux horizons, comme je vous le disais tout à l'heure. Nous aurons très certainement, dans les prochaines réunions des Journées, à connaître des nouveautés encore au moins aussi importantes.

DISCUSSIONS

M. MARCQ. — Dans la communication de M. BLONDEL, on trouve au § D un tableau donnant les températures sèches et les températures résultantes qu'il est possible d'obtenir dans les salles à humidité relative déterminée pour différentes températures humides extérieures au moyen d'une installation de conditionnement d'air délivrant de l'air saturé à 100 % et utilisant le rafraîchissement par ventilation et évaporation. Il me paraît anormal qu'on puisse donner ainsi un tableau universel; je suppose que ce tableau s'applique à un cas déterminé pour une valeur donnée de la chaleur et de la vapeur d'eau à absorber par kg/h d'air pulsé.

M. BLONDEL. — Il s'agit effectivement d'un tableau qui a la prétention d'être universel, car la quantité de chaleur à éliminer globalement détermine le débit d'air de l'installation en fonction de la quantité de chaleur que peut éliminer un kilogramme d'air diffusé, quantité déterminée par les caractéristiques de l'air et le fait que nous avons admis comme hypothèse qu'il s'agit d'air saturé à 100 % et en conséquence le tableau donne des résultats valables dans chaque cas.

M. MARCQ. — Je ne suis pas d'accord.

M. BLONDEL. — J'indique les températures obtenues, je n'indique pas le débit d'air nécessaire pour éliminer la quantité de chaleur.

M. MARCQ. — Vous vous imposez la température sèche ?

M. BLONDEL. — Je vous l'indique.

M. MARCQ. — Donc, c'est une imposition.

M. BLONDEL. — C'est un résultat des possibilités d'installation.

M. DUPUY. — L'air introduit est défini par la saturation à la température humide indiquée; par conséquent, en se déplaçant sur une horizontale du diagramme de M. VÉRON, on peut atteindre en jouant sur le débit l'état intérieur ainsi défini à la condition qu'il n'y ait pas dégagement d'humidité et sur ce point, l'objection de M. MARCQ conserve sa valeur.

M. BLONDEL. — C'est exact, j'aurais dû préciser cette hypothèse.

M. MARCQ. — Je crois qu'il y a une imposition de température sèche.

M. BLONDEL. — Vous avez une température humide extérieure déterminée, donc vous connaissez la température à laquelle vous soufflez qui est la température humide de l'air extérieur, puisqu'on suppose que cet air est saturé à 100 %.

Pour une humidité intérieure déterminée, la température intérieure, dans le cas où il n'y a pas de dégagement d'humidité, est obligatoirement déterminée et la température résultante s'obtient par les moyens habituels.

M. MARCQ. — Cela suppose que l'on connaisse la température des parois.

M. BLONDEL. — On suppose que les parois sont à la même température que l'air et que la ventilation est diffusée de telle façon qu'il n'y ait pas de courants d'air sensibles.

M. BILLINGTON. — M. JEANMAIRE nous a donné un exposé très intéressant des problèmes de filtrage.

Peut-être serez-vous intéressés d'apprendre que, en Grande-Bretagne, nous avons tout récemment mis en vigueur une norme concernant l'essai des filtres à air⁽¹⁾. Les discussions qui ont précédé cette publication se sont prolongées pendant environ trois années. Mais finalement nous avons choisi l'essai calorimétrique en utilisant une poussière artificielle de « bleu de méthylène » dont les particules sont très petites, environ un demi-micron.

Le plus important peut-être, est que cette norme contient une prescription relative au contrôle de l'efficacité périodique du filtre.

Au cours de l'essai de contrôle, le filtre est alimenté d'une manière continue par une poussière artificielle d'oxyde d'aluminium et l'efficacité est déterminée quatre fois pendant l'essai pour des augmentations égales de résistance. A cet effet on utilise à la fois les méthodes calorimétriques et gravimétriques.

La vie utile d'un filtre est définie par l'élévation de la résistance; elle ne saurait dépasser la plus grande des deux valeurs suivantes : deux fois sa valeur initiale, ou 12 mm de hauteur d'eau.

C'est un essai comparatif et on ne saurait affirmer que la vie utile ainsi déterminée est comparable avec la vie utile constatée dans la pratique, sauf qu'elle est beaucoup plus courte.

La vie utile est une propriété très importante au même titre que le rendement; elle peut avoir une influence considérable sur le choix d'un filtre.

En effet, les filtres les meilleur marché sont les moins efficaces, mais ils ont la vie la plus longue. Par contre, les filtres efficaces ont une résistance très forte et une vie courte, en outre ils coûtent cher.

La solution d'un problème de filtrage n'est pas facile à résoudre, mais je suis d'accord avec le conférencier pour estimer que l'on devrait employer deux filtres, l'un pour éliminer les grosses poussières avec un filtre de longue durée, et un autre pour les particules plus fines.

Cette solution cependant n'a pas l'agrément de beaucoup d'usagers en raison de l'encombrement des filtres et de leur prix. En général, l'on préfère acquérir le filtre le meilleur marché.

M. LE PRÉSIDENT TUNZINI. — Nous remercions M. BILLINGTON de son intervention. Je dois dire qu'actuellement l'on étudie avec un grand soin les questions du filtrage et du dépoussiérage de l'air et que des contacts sont actuellement pris entre plusieurs firmes de différents pays de façon à pouvoir synchroniser une action efficace et s'efforcer d'égaliser les réalisations faites aux États-Unis.

M. MARCQ. — Je voudrais soulever à nouveau la question qui a été posée précédemment sur l'utilisation des machines frigorifiques à absorption. Nous nous trouvons de plus en plus dans le cas de devoir raccorder des bâtiments importants à des chauffages urbains ou à des chauffages à distance, qui nous donnent soit de la vapeur, soit encore plus souvent de l'eau à haute température. Dans le cas de la vapeur, on peut évidemment, dans certains cas, envisager la commande d'un compresseur centrifuge par une turbine, mais ce sont des cas exceptionnels chez nous; dans le cas le plus fréquent, on ne dispose que d'eau à haute température et on ne peut donc envisager que la machine à absorption.

J'ai un peu regretté de ne pas trouver plus de précision dans la communication de M. COKELAERE au sujet des possibilités de la machine à absorption dans notre cas et je voudrais lui demander s'il pourrait nous en donner et notamment : dans quelle mesure peut-on envisager l'utilisation des machines à absorption pour satisfaire à nos besoins de conditionnement avec une consommation de calories admissible d'une part, et avec une consommation d'eau à une température qui permette d'utiliser de l'eau refroidie dans un réfrigérant atmosphérique d'autre part ? Généralement, dans nos pays, tout au moins en Belgique, il est presque exclu de prendre pour des installations importantes l'eau de distribution de ville pour la condensation. Chez nous il est en principe interdit de faire des puits, il faut des autorisations tout à fait spéciales. Par conséquent il faut bien que nous recourions au réfrigérant d'eau.

M. SALMON-LEGAGNEUR nous a rappelé que dans le réseau urbain de New-York on utilisait des machines frigorifiques à absorption. Il semble donc que dans ce cas il y ait des possibilités, bien que ce ne soit pas une vapeur de récupération comme il en a été question précédemment.

M. COKELAERE. — Il faudrait pour répondre avoir une documentation technique assez importante que je n'ai pas ici, particulièrement pour répondre sur les consommations par frigorie-heure. Il est bien évident que j'ai peut-être conclu trop hâtivement en indiquant qu'il s'agissait de vapeur de récupération pour les machines

(1) British Standard 2381. Methods of test for air filters used in air conditioning and general ventilation. Méthodes d'essais pour les filtres à air employés dans le conditionnement d'air et la ventilation.

à absorption et qu'il est possible, dans certains domaines, d'utiliser ces groupes à absorption avec un très bon rendement, principalement pendant la période d'été, si on arrive à équilibrer les charges thermiques des chaudières ou des consommations de vapeur, égales, comme on le rappelait tout à l'heure, aux consommations d'hiver.

Ce problème, évidemment, est un problème assez nouveau. Je ne peux pas vous répondre immédiatement, surtout au point de vue précisions des consommations diverses (1).

M. MARCQ. — N'y a-t-il pas, en France, de constructeur de machines à absorption de grande puissance ?

M. COKELAERE. — Si, il y en a quelques-uns.

M. DESPLANCHES. — Phénix fait des installations de ce genre et même d'assez forte puissance en partant souvent d'eau chaude et de vapeur extra basse pression de récupération. C'est là où le procédé paraît avoir de l'intérêt.

Maintenant, pour répondre à votre question du point de vue technique, sur les quantités d'eau et de vapeur nécessaires pour un problème déterminé, le calcul est extrêmement délicat et pour quelques degrés d'écart de la température d'eau de condensation ou du point d'évaporation à obtenir, vous bouleversez le bilan; pour un ou deux degrés de température, vous pouvez doubler votre consommation. Pour évaporer à 5° C ou à 12° C, le problème peut doubler ou tripler.

Il faut donc, pour avoir un renseignement, bien poser le problème et alors il comporte une réponse technique. Et pour de faibles écarts, vous changez complètement l'orientation d'un problème dont la solution peut être intéressante à une température, et impossible à une autre très peu différente.

M. MARCQ. — Si on utilise une eau obtenue par réfrigérant atmosphérique, on obtient une eau à une température très variable; il faudrait donc chercher à obtenir une eau à température constante.

M. DESPLANCHES. — A chaque température que donnera le condenseur atmosphérique, vous aurez un rendement différent.

M. LE PRÉSIDENT TUNZINI. — D'ailleurs, dans l'intervention de tout à l'heure, et au sujet de cette affaire dont je vous ai parlé, les conclusions mêmes de l'installateur qui proposait cette machine, ne permettaient pas un jugement exact et la Direction des Industries mécaniques françaises a considéré que le problème était tellement important qu'il n'y aurait de jugement possible que lorsqu'il y aurait une machine suffisamment au point et suffisamment bien équipée pour qu'il soit fait des essais. Lorsque ces essais seront faits, ils profiteront justement à notre industrie, et permettront de se faire un jugement sain, car, jusqu'à maintenant, comme le faisait remarquer M. DESPLANCHES, on peut faire dire à la présentation tout ce que l'on veut, et conclure par un bilan négatif ou par un bilan positif. C'est aussi facile de le faire dans un sens que dans l'autre.

M. ASSELBERGS. — Je voudrais demander à M. COKELAERE si ces machines fonctionnent en système absorption de façon continue ou intermittente ? Autrefois, il n'existait que la façon intermittente que je penserais assez difficile à utiliser dans une installation réglée automatiquement.

M. COKELAERE. — En principe, ces utilisations se font quand même de façon intermittente, étant donné que les charges varient et que dans une installation frigorifique, si on prend par exemple, le cas d'une installation de conditionnement d'air confort, on peut être amené hebdomadairement à arrêter l'installation frigorifique et à remettre en marche à des périodes déterminées toutes les machines. Ce dernier point, évidemment, est assez délicat parce que la machine à absorption est très lente à se mettre en régime et dans certains cas, il est préférable de la laisser en marche continue, jour et nuit. En tout cas, c'est ce que les Américains ont été amenés à faire dans certaines installations où la marche est continue.

M. VAN BEVEREN. — Elles marchent de façon continue à l'heure actuelle, alors qu'il y a vingt-cinq ans on faisait des machines intermittentes.

M. LE PRÉSIDENT TUNZINI. — Voulez-vous préciser votre point de vue, tout le monde serait intéressé de le connaître plus complètement.

M. VAN BEVEREN. — Les premières machines à absorption fonctionnaient d'une façon intermittente, mais il y a déjà une vingtaine d'années de cela; depuis M. MAHURY a pris plusieurs brevets concernant les machines à absorption et construit des machines qui marchent de façon continue. Je crois d'ailleurs savoir que ce sont toujours ces brevets Mahury qui sont actuellement encore exploités par la firme Phénix en France et, entre autres, M. CREUZOT, ancien collaborateur de M. MAHURY, a continué cette exploitation; ces machines marchent de façon continue.

M. ZANIROLI. — Pour les adapter à nos installations, il faut adopter l'accumulation. C'est de cette façon que l'on fonctionne avec une machine de faible puissance; mais alors peut-on faire de la régulation avec un procédé basé sur l'accumulation ?

M. LE PRÉSIDENT TUNZINI. — En matière industrielle, ce n'est pas parfait.

M. ZANIROLI. — On pose le problème et on calcule l'accumulation nécessaire. Il y a environ vingt-cinq ans, avec mon camarade BOILEAU, sur le chauffage urbain de Paris, nous avons fait un projet qui n'a pas été réalisé. A cette époque, il était réalisable au point de vue des frais de première installation parce qu'il n'y avait pas de chaudière à établir; mais il n'était pas réalisable au point de vue de l'exploitation parce que le prix des calories chauffage central était trop élevé.

M. MALAGIE. — J'ai entendu tout à l'heure l'exposé très intéressant de M. JEANMAIRE et je voudrais revenir sur un point important sur lequel, à mon avis, il n'a pas assez insisté compte tenu de ce que vous avez dit vous-même avant de lever la séance sur l'extrapolation de l'utilisation des filtres et autres installations de dépoussiérage, mais en restant toutefois dans le cadre des installations de conditionnement d'air.

Le double but de ces installations, peut-être l'a-t-on oublié au début de cette journée est, d'une part d'améliorer certaines conditions de fabrication suivant les branches professionnelles, et d'autre part de participer à l'amélioration des conditions d'hygiène du travail dans les ateliers; c'est à ce point de vue particulier que je me limiterai.

En fait, si M. JEANMAIRE a bien insisté sur l'un des deux facteurs qui doivent déterminer le choix d'un filtre, il a passé, non pas sous silence, mais il a minimisé un peu l'importance du second. Il a bien, en effet, parlé de la concentration des poussières, mais ce n'est pas un facteur unique à envisager, surtout quand il s'agit de l'état sanitaire et de l'ambiance d'un atelier. L'autre facteur qui prend quelquefois la prédominance sur la question de concentration, c'est la question de granulométrie, pour la raison simple que seules les poussières inférieures à 3 μ pénètrent dans l'appareil pulmonaire jusqu'aux alvéoles et sont susceptibles de provoquer, sinon des pneumoconioses, tout au moins des troubles respiratoires importants qui participent précisément à cette importance de l'absentéisme qui a été signalée sur la courbe qui a été projetée.

Par conséquent, je crois qu'il convient d'insister particulièrement en même temps que sur le contrôle de la concentration, sur le contrôle de la granulométrie, puisque même dans des atmosphères qui paraissent absolument limpides, vous avez un nombre considérable de particules qui peuvent être nocives, compte tenu d'ailleurs de leur nature même, que ce soit des particules telles que celles de silice ou d'amiant, ou au contraire les particules fibreuses comme celles des textiles qui ont été signalées tout à l'heure.

Cette question a préoccupé, vous le savez, les caisses régionales de Sécurité Sociale, puisqu'à l'occasion de réunions et de colloques qui ont réuni les spécialistes de cette question des poussières, on a essayé précisément de mettre en pratique, non pas un appareil qui donne des indications absolues (car il n'existe pas encore et de nombreuses discussions ont lieu encore sur ce point), mais un appareil

(1) Voir page 1165 la note annexe établie par M. COKELAERE après les journées.

à filtre soluble qui permet précisément de faire des numérations de particules dans des atmosphères d'ateliers par des prélèvements qui peuvent être effectués par des personnes qui ne sont pas nécessairement spécialisées. Cette observation a une très grande importance pour les installations de conditionnement (je ne parle pas des installations de dépoussiérage) car il ne faut pas oublier que vous avez cantonné le sujet au conditionnement industriel, c'est-à-dire au conditionnement des ateliers. Les prises d'air que vous allez faire dans une usine sont précisément des prises qui généralement seront polluées avec des taux de poussière dans lesquels l'importance de pourcentage de suie, qui a été citée comme le plus important, peut passer en second ordre par rapport à d'autres poussières qui émanent, soit de l'usine voisine (une cimenterie ou tout autre usine productrice de poussières), soit d'ateliers du même établissement, suivant que la prise d'air a été plus ou moins mal placée, ou que le régime des vents provoque une dispersion de ces poussières.

Il y a donc là une nécessité de filtrage qui doit être dans certains cas poussée beaucoup plus loin.

Le problème est encore beaucoup plus important si, comme l'a signalé M. JEANMAIRE, il s'agit de recyclage et il est évident que si l'on est amené à faire une réfrigération de conditionnement d'air, on va être amené pour des raisons économiques à ne pas prendre la totalité de l'air à l'extérieur, mais à prendre une partie d'air recyclé. A ce moment, se pose le problème plus grave de la pollution intérieure de l'atelier due aux différentes fabrications et qui peuvent nécessiter — c'est le cas de l'industrie céramique par exemple — un filtrage extrêmement sévère.

M. ROBAS. — Quand M. JEANMAIRE parle de l'emplacement du filtre par rapport au ventilateur, il dit qu'on peut faire l'installation pour trois raisons et je dois dire qu'une de ces raisons m'échappe. Il dit que l'on diminue ainsi les pertes de pression statique. Je voudrais un petit éclaircissement.

M. JEANMAIRE. — La répartition est meilleure si on met le filtre à l'aspiration; il faut en somme grouper tout à l'aspiration et au refoulement vous avez votre réseau de gaines.

M. BLONDEL. — Premièrement, en ce qui concerne la méthode d'essai des filtres, je crois qu'aucune des méthodes d'essai ne vaudra celle qui consiste à utiliser la poussière propre pour laquelle le filtre doit être utilisé. Or, il est généralement difficile d'utiliser cette poussière pour essai sauf quand il s'agit de poussières atmosphériques. La poussière atmosphérique à Paris est à peu près de la même composition que celle d'autres villes. Je crois que c'est une des méthodes les plus intéressantes pour comparer l'efficacité de deux filtres.

En ce qui concerne les filtres utilisés dans le textile, j'ai noté que vous conseillez les filtres en papier.

Dans le textile, il y a un mélange de poussières fines et de fibres; s'il y a beaucoup de fibres, le filtre en papier est superflu et il vaut mieux utiliser une sorte de tamis; s'il y a peu de fibres, le filtre en papier a l'inconvénient d'avoir un encrassement très rapide, surtout dans les salles à forte humidité relative.

M. JEANMAIRE. — Je suis en accord avec vous, le filtre en papier a un inconvénient dans les salles à forte humidité relative, il vaut mieux utiliser une sorte de papier en fibre de verre, ou quelque chose d'analogue.

M. BLONDEL. — Ou un filtre composé des déchets textiles eux-mêmes qui ont l'avantage de savoir se comporter dans le milieu en question.

En ce qui concerne les filtres électroniques, vous avez dit que c'étaient les meilleurs, tout au moins au début de la conférence, parce qu'après vous avez admis que les filtres à poche avaient une efficacité à peu près équivalente.

Ce matin, j'ai eu l'occasion de citer l'exemple d'une installation où il a été possible de comparer un filtre à poche et un filtre électronique et où l'avantage a été reconnu au filtre à poche par rapport au filtre électronique, d'abord pour éviter la difficulté d'entretien, mais aussi pour l'efficacité.

M. JEANMAIRE. — Là, nous rejoignons justement cette question de granulométrie.

M. BLONDEL. — Il s'agissait d'éliminer des poussières extérieures composées essentiellement de suie, donc des fines poussières et l'avantage du filtre électrostatique n'a pas semblé être aussi important qu'on l'imagine généralement.

M. DESPLANCHES. — Au sujet du filtre électrostatique dont a parlé M. BLONDEL ce matin, il nous a cité des durées de huit heures pour l'entretien d'un filtre électrostatique. Je pense que comme tous les filtres électrostatiques, il est composé de cellules avec leur dispositif de lavage et en mettant 5 ou 10 mn de pulvérisation intense sur un filtre, c'est à peu près tout le temps que cela peut exiger.

Ce qui peut demander du temps, c'est le séchage du filtre, parce qu'avant de remettre la tension sur les électrodes, il faut que le filtre soit absolument sec. En général, une heure est plus que suffisante si vous prenez la précaution de faire votre lavage avec de l'eau chaude qui chauffe la masse, et en 30 mn, une heure au maximum, vous pouvez remettre le courant sur le filtre. Par conséquent, je m'étonne des huit heures dont vous avez parlé pour l'entretien d'un filtre électrostatique, surtout que dans ce domaine il est facile de diviser le filtre en éléments séparés et d'en avoir toujours un en réserve, même de façon automatique, pendant que les autres servent à filtrer le débit prévu. Vous pouvez disposer ainsi d'un filtre qui n'exige aucun travail manuel, aucun arrêt et dont l'entretien est absolument automatique et avec une efficacité de filtrage qui est au moins égale, sinon supérieure à celle des poches, parce que si vous voulez réduire le débit d'air de façon substantielle de façon à avoir un filtrage parfait, vous filtrerez à 99,5 % jusqu'au 1/10 de micron.

M. BLONDEL. — Dans ce cas particulier, il s'agit d'une installation existante et j'ai été moi-même étonné quand j'ai reçu la lettre concernant cette utilisation. Je suppose que, comme il s'agit de l'industrie textile, on a voulu non seulement nettoyer les poussières fines, mais également s'assurer qu'il n'y ait aucune fibre ayant les inconvénients signalés dans les fibres électrostatiques. Il a donc fallu procéder à un nettoyage à fond des filtres et non se contenter de la pulvérisation. Je n'ai fait que transmettre l'opinion de l'utilisateur lui-même.

D'ailleurs, nous pensions sincèrement que cet essai serait en faveur du filtre électrostatique qui a surtout un avantage considérable, c'est de présenter une résistance beaucoup plus faible que les autres.

M. MARCQ. — Dans la partie de la communication de M. COKELAERE, réservée aux appareils de contrôle et de régulation, il est question, pour les installations de production d'eau glacée, d'un détendeur thermostatique. Je suppose qu'il y a là un lapsus, que le mot détendeur n'est pas le mot propre, c'est un organe de réglage.

M. COKELAERE. — On peut très bien avoir dans un circuit d'eau glacée un appareil pour détendre le fluide frigorigène. Vous pensez à l'appareil noyé?

M. MARCQ. — A l'utilisation d'eau glacée.

M. COKELAERE. — Non, moi je pense à l'appareil dans son ensemble. Il peut y avoir des vannes ou différents moyens de réglage.

M. MARCQ. — Nous sommes d'accord.

Au point de vue de l'efficacité d'un filtre, on donne une seule définition, je crois qu'il serait utile d'attirer l'attention sur le fait qu'il y a pratiquement, pour l'instant, autant de définitions d'efficacité d'un filtre qu'il y a de méthodes de mesures d'efficacité à cause de la variété des poussières à utiliser et de la variété des filtres.

Je voudrais maintenant poser une question à propos de la communication de M. RAUSSOU. Celui-ci a parlé de détecteur de chaleur totale de l'air. Je vois bien ce détecteur lorsqu'il s'agit d'un air saturé, c'est très commode, mais lorsqu'il s'agit d'un air quelconque, comment fait-on cette détection?

M. RAUSSOU. — Par une sonde humide, un thermomètre humide qui se place dans le graphique psychrométrique sur une ligne qui est voisine de la ligne de chaleur totale de l'air humide.

M. MARCQ. — Il faut donc alors entretenir constamment l'humidité du détecteur. Je suppose que ces détecteurs sont employés pour économiser les frigories en utilisant l'air extérieur en demi-saison ?

M. RAUSSOU. — Bien entendu. Vous êtes amené à faire des comparaisons entre l'air repris et l'air extérieur ; évidemment, tout dépend un peu du schéma et de la texture de la cabine de conditionnement d'air utilisée, mais en différents points de la cabine ; à l'entrée, après un laveur, après une machine frigorifique, on peut contrôler chaque fois les chaleurs totales, les comparer à la chaleur totale de l'air final et voir quelle est la condition la plus favorable économiquement, soit de passer entièrement par le laveur ou la batterie frigorifique, ou au contraire de passer par le by-pass. C'est un cas d'espèce et on ne peut pas traiter le cas général.

M. MISSENAUD. — Je me permettrai, usant du privilège de l'âge, de mettre en garde M. JEANMAIRE à l'égard des statistiques. A voir ces deux figures, il semblerait que la pollution de l'air soit la cause directe, ou tout au moins un des facteurs pri mordiaux de la mortalité. Or, il est bien certain que cette pollution n'intervient pas seule et qu'elle est surtout un critère de la densité industrielle. Or, la mortalité dans les agglomérations à grande densité d'usines est supérieure à celle des autres quartiers ou des autres cités, et cela pour des raisons multiples, qui sont dans une certaine mesure du ressort de notre industrie, au niveau de vie et à la longueur de la journée de travail.

Dans mon cours d'économie politique à l'École Polytechnique, je cite des chiffres particulièrement choquants et qui concernent heureusement une époque révolue.

D'après les études très sérieuses de VILLERME de 1923 à 1934 à Mulhouse, l'espérance de vie à la naissance était de un an et trois mois chez les ouvriers de la filature, contre vingt-huit ans dans les classes riches.

Pour terminer sur une note humoristique concernant le danger des statistiques, rappelons que Mark TWAIN faisait remarquer que 95 % des gens mourant dans leur lit, la majorité de l'humanité deviendrait immortelle si on supprimait ce meuble.

En bref, méfions-nous des statistiques, surtout quand elles sont faites par des personnes intéressées.

Il n'en reste pas moins que le dépoussiérage de l'air améliore les conditions d'hygiène, donc accroît la longévité moyenne dans une proportion qu'il est difficile de déceler.

M. ASSELBERGS. — Je trouve que la conférence de M. JEANMAIRE souligne d'une façon très claire l'importance qu'il y a à diminuer le nombre de feux ; d'où l'utilité du chauffage urbain, et même de la génération de la vapeur centralisée comme à Verviers, en Belgique. Je souligne également l'importance des filtres, non seulement dans les usines, mais dans les endroits où les poussières sont produites.

M. LE PRÉSIDENT TUNZINI. — Il est certain qu'une meilleure utilisation des combustibles serait déjà un grand progrès, mais une plus grande centralisation permettrait ces installations de dépoussiérage dont vous parlez du point de vue de l'équipement industriel. Le problème du filtrage, même si le conditionnement est traité d'une façon superficielle, est un problème très important pour les industries de toute nature.

M. MOREL. — Tout à l'heure, M. RAUSSOU a donné un aperçu assez intéressant sur l'avenir des transistors dans la régulation électronique. On conçoit que le transistor soit une solution d'avenir pour des problèmes un peu compliqués : têtes chercheuses, fusées et autres... Mais, pour nos industries, on peut tout de même se demander si son intérêt est aussi grand. D'abord, il y a la question de la constance de la température. Quand on connaît déjà la difficulté d'obtenir la stabilité d'un curseur dans un appareil de mesures, on se demande ce qui va se passer quand on va utiliser des régulations un peu complexes avec des transistors qui vont être exposés dans des chaufferies ou des centrales de conditionnement d'air, à des températures assez variables.

L'encombrement de nos centrales de conditionnement ou de nos chaufferies n'est pas un problème grave ; les coffrets de régulation actuels ne prennent pas tellement de place sur les tableaux de commande. Il semble que le transistor ne présente un intérêt certain que s'il aboutit à un prix de revient nettement plus bas des appareils. Or, tout à l'heure, M. RAUSSOU semblait dire que ce n'est pas le cas, bien au contraire. Il serait intéressant d'être un peu éclairé sur les perspectives d'avenir à ce sujet.

M. RAUSSOU. — Je vais essayer de vous donner quelques éclaircissements complémentaires.

La tenue en température est un des éléments qui empêchent l'utilisation actuelle des transistors. Il existe néanmoins dès maintenant certains procédés pour l'obtenir. Il est possible, dans l'amplificateur, de compenser les variations de température, soit par des résistances insérées à l'endroit nécessaire, soit même par l'utilisation d'une thermistance qui vient s'opposer à la variation due à la température, actuellement assez importante.

De toute manière, il ne faut pas que le transistor actuel soit utilisé dans une ambiance supérieure à 50° C et on fait des recherches avec des transistors au silicium qui pourront supporter des températures plus importantes.

Donc, du point de vue température, c'est la solution de compensation par résistance ou par thermistance qui résout le problème. Jusqu'à 50° C, il n'y a pas de problème ; au-delà, les recherches sont en cours.

Deuxième point, question du prix : je faisais allusion au prix de première installation, parce que si vous voulez bien considérer qu'actuellement un transistor a une vie pratiquement illimitée et qu'un tube n'a tout de même qu'une vie limitée à 10 000 heures et que, par exemple, tous les ans ou tous les deux ans, vous êtes obligés de remplacer une lampe, au bout de quelques années vous avez récupéré, par l'économie de lampes, le prix d'achat des transistors. Mais comme je sais que les installateurs sont surtout intéressés par le prix de première installation, et non pas par le prix d'exploitation, j'ai bien été obligé de dire qu'actuellement le transistor est beaucoup plus cher.

Enfin, vous avez soulevé un autre point : l'encombrement. L'encombrement de place n'est peut-être pas important quand il s'agit d'un élément ; lorsqu'il s'agit d'un tableau, cela devient tout de même plus intéressant, parce que vous pouvez placer sur un seul tableau, cinq, six ou sept circuits, qui autrefois auraient demandé un, deux ou trois tableaux successifs.

Donc, pour un seul point de réglage, aucun intérêt. Lorsqu'il y a, au contraire, un réglage centralisé, cela devient très intéressant.

Autre avantage : ces appareils sont pratiquement insensibles au dérèglement, aux chocs, et ont une durée de vie extrêmement longue, c'est pour cela que je crois qu'ils ont un grand avenir devant eux.

M. LE PRÉSIDENT TUNZINI. — Je voudrais revenir sur les communications qui ont été faites depuis le commencement de la journée et il me serait agréable que nos auditeurs des pays étrangers nous manifestent un peu, d'abord leur impression générale et d'autre part, l'orientation dans laquelle ils voudraient voir se poursuivre ces conversations et ces échanges de vues.

Nous péchons beaucoup trop par manque de contacts, mais prendre des contacts sans organiser la discipline de travail ne peut mener qu'à des résultats très incertains. Si vraiment il y avait possibilité d'avoir des réunions sur des points particuliers, je crois que nous ferions avancer dans certains domaines notre activité industrielle.

M. LE PRÉSIDENT MISSENAUD. — Je me permettrai, mon cher Président de demander aux auditeurs s'ils estiment que certains problèmes sont particulièrement à l'ordre du jour. Y a-t-il spécialement des études qu'il conviendrait d'entreprendre par priorité ? Certains de nos amis belges m'ont confié que ces journées de 1957 leur semblent moins scientifiques que les précédentes. Aussi leur demandons-nous de nous indiquer les questions qui les préoccupent particulièrement pour que nous en entreprenions l'étude dans la mesure de nos moyens.

M. MARCQ. — Pour le moment, c'est difficile.

M. ROBAS. — Sans parler de sujet, je voudrais que pour cette session, on demande aux conférenciers qui ont fait déjà un gros effort de joindre une bibliographie aussi complète que possible des derniers développements des sujets qu'ils ont traités.

Je pense par exemple qu'il serait utile que l'on nous procure, jointe à la conférence de M. JEANMAIRE, la référence exacte de la norme anglaise dont nous a parlé M. BILLINGTON ⁽¹⁾; et je voudrais aussi, si possible, qu'on donne une bibliographie sommaire des machines à absorption qui semble être un sujet éventuellement intéressant, de manière à constituer un outil de travail.

M. LE PRÉSIDENT TUNZINI. — Je vois dans le programme du Congrès qui va avoir lieu au mois de septembre à Berlin qu'il est prévu une discussion sur les techniques de climatisation, débats ouverts et dirigés par l'Ingénieur diplômé O. H. BRANDI, de Cologne. C'est dans ce même esprit d'orientation que je croyais devoir poser cette question. Nous avons fait un grand tour d'horizon que nous n'avions pas fait depuis quatre ans, mais ce n'est qu'un tour d'horizon; le temps est limité, puisque nous n'avions qu'une seule journée et nous ne pouvions pas aborder le général et la technicité particulière, mais il est certain que cela ne peut satisfaire les ingénieurs qui ont à se pencher journalièrement sur les problèmes particuliers et, par conséquent, à disséquer les conditions que doivent remplir les installations pour obtenir les résultats demandés par les industriels.

M. HERODY. — Nous revenons de Pologne où l'*Union Internationale du Chauffage* a remis en avant l'idée que toutes les associations étrangères devraient indiquer les questions qui les intéresseraient plus particulièrement et les travaux qu'elles sont en train de faire ou qu'elles envisagent. Des contacts pourraient être pris entre les différents organismes d'études et il pourrait en résulter des suggestions intéressantes pour les prochaines Journées.

M. LEROY. — En ce qui concerne justement la conférence de M. BLONDEL, je reviens sur ce même sujet: on se plaint, aussi bien en France qu'à l'étranger, de ne pas faire suffisamment d'installations de conditionnement industriel. Cela tient probablement à l'absence de renseignements.

Nous qui touchons à la profession du chauffage et de la ventilation et sommes spécialisés dans le confort, il semble difficile d'aller conseiller à une usine ou à un entrepreneur telle ou telle installation, de lui proposer une amélioration portant aussi bien sur le travail que sur les ouvriers tant qu'on ne possède pas tous les éléments qui sont nécessaires pour pouvoir justifier notre efficacité.

Par exemple, en Suisse romande, seule l'usine d'horlogerie est conditionnée et encore elle ne l'est pas au sens propre du terme, on filtre seulement l'air à cause de la précision. On pourrait probablement, étant donné que ce sont des gens très riches, installer des machines plus complexes, mais on ne le fait pas parce qu'on ne pousse pas le problème à fond.

Il serait intéressant que le nouvel organisme dont il a été question ce matin travaille justement dans d'autres domaines que ceux qui sont proprement textiles, et qui sont, peut-être, dans d'autres usines, beaucoup plus courants.

M. LE PRÉSIDENT TUNZINI. — Je suis tout à fait d'accord avec vous; d'ailleurs, le petit opuscule que je vous ai mis sous les yeux marque l'importance que le Commissariat à la Productivité a attaché à cette question, puisqu'il a accepté que nous constituions avec les deux syndicats intéressés un groupement pour la propagande et surtout pour l'information. Il faut noter que le Commissariat nous a accordé un budget assez important puisque cela représente pour les deux premières années vingt millions par an, dans le but de faire des communications dans différentes villes sur des problèmes à l'usage industriel, de faire des conférences aux ingénieurs des firmes qui sont intéressées à l'établissement des projets et à leur application et de faire aussi ce que nous appelons des séminaires où, entre ingénieurs, on discute de ces sujets.

Il est certain que la technique et la science actuelles vont avec une telle rapidité que ce ne sont plus des gens de mon âge qui peuvent orienter, mais les jeunes. C'est pour cela que la notion du séminaire est devenue une notion extrêmement intéressante. Ce sont les jeunes maintenant qui doivent assurer le relais d'une industrie qui n'est encore qu'à sa naissance.

M. BURNAY. — Je voudrais faire, puisqu'on les a sollicitées, trois brèves remarques.

Voici la première: on a beaucoup parlé tout à l'heure de filtres et d'efficacité de filtres; on n'a peut-être pas souligné avec suffisamment d'insistance qu'il existe une efficacité pour chaque bande de granulométrie et que l'on devrait parler d'efficacité granulométrique, ou de spectre d'efficacité, quand on définit un filtre. De la même manière, la combinaison des filtres en couple ou davantage doit être essentiellement axée sur cette idée.

La seconde remarque fait appel à votre demande touchant à une meilleure collaboration entre les organismes de recherche des différents pays. Je crois qu'au fond, dans le secteur général du chauffage, on n'a pas trop à se plaindre à cet égard. La collaboration très étroite qui s'est développée entre votre organisme français, le Co. S.T.I.C. et l'organisme belge, est à cet égard extrêmement féconde. Je ne crois pas qu'on me démentira ici.

Par ailleurs, sur un plan plus large, les contacts non officiels au sein de l'Informal Study Group se révèlent aussi extrêmement féconds.

Ceci ne signifie pas d'ailleurs que le fait de se communiquer mutuellement les sujets de recherches implique qu'un objet particulier doive être étudié dans un pays et pas dans un autre. Je tiens pour ma part que l'originalité de pensée et de moyens d'action de chacun est, à cet égard, requise et le même problème gagne, à mon sens, à être traité dans différents pays et par différentes écoles, pour autant bien entendu que ces recherches soient autant que possible coordonnées. Il ne faut pas que d'un côté on se borne à répéter moins bien ou un peu mieux ce qui s'est fait d'un autre côté. Ce qu'il faut essayer d'obtenir, c'est que les mêmes problèmes soient abordés par différentes voies, mais de telle manière que les résultats puissent être mis en commun et confrontés les uns par rapport aux autres.

Le troisième point que je voulais aborder dans le cadre de la question que vous avez posée tout à l'heure touchant les sujets à traiter ultérieurement, est peut-être beaucoup plus délicat.

On a fait allusion hier au problème du chauffage à distance et du chauffage urbain et l'on a été amené à mentionner occasionnellement (je l'ai fait moi-même) les deux solutions du chauffage urbain, soit à partir de chaufferies centrales, soit en conjonction avec la production de force motrice. Il est bien évident qu'à ce moment on a mis en liaison des *préoccupations* qui ne rentrent pas directement dans notre activité, d'un caractère différent et *intéressant l'économie générale*.

On a parlé, aujourd'hui, de filtrage et l'on a pu confronter en matière de conditionnement notamment, des *problèmes d'ordre social ou d'ordre sanitaire* qui sont étroitement liés également à ceux qu'on a abordés hier, car enfin si l'on veut assainir nos atmosphères, la première chose serait de ne pas les empestier par une infinité de sources uniformément réparties dans les agglomérations. Il faudrait, au contraire, concentrer ces sources et, autant que possible, les éloigner des agglomérations et encore en choisir soigneusement les sites.

Tout cela montre que lorsque dans nos économies libérales, on fait l'étude d'un équipement en se plaçant du point de vue de l'investissement ou du point de vue de l'économie d'exploitation, on omet délibérément des considérations qui devraient être dans le fond dominantes et qui sont d'intérêt général ou de bien-être humain. Du seul point de vue financier, on ignore le poids énorme des dépenses rangées sous une autre étiquette, dans les budgets publics et privés, pour pallier certaines conséquences néfastes de telle solution de facilité adoptée. On se borne à un point de vue extrêmement étroit et il arrive très souvent que les éléments envisagés qui

(1) Voir note p. 1777

conduisent à prendre des décisions déterminées sont en contradiction avec l'intérêt général, ou avec l'économie générale d'une communauté.

Je me demande s'il ne serait pas opportun d'essayer de compléter nos éléments d'appréciation lorsque nous traitons de tels problèmes. C'est précisément en supputant le poids des avantages indirects de cette nature que l'on aboutira à une organisation différente des études d'aménagement des grandes villes, par exemple.

M. MISSENAUD. — Je m'associe pleinement aux paroles du Professeur BURNAY. Il conviendrait, en effet, d'aborder tous ces problèmes, non pas sous leur aspect étroitement technique, mais en tenant compte de tous les facteurs aussi bien humains que physiques, en somme par la méthode opérationnelle.

C'est de cette façon que nous nous efforçons d'aborder tous les problèmes humains avec Alexis CARREL en 1941. L'expérience montre que si l'on tient compte de tous les facteurs, la solution qui apparaît la plus opportune, neuf fois sur dix, est différente de celle choisie en ne considérant que l'aspect technique.

Par exemple, si l'on tient compte de l'accroissement de la morbidité provoquée par les poussières et les fumées de foyers domestiques, la solution du chauffage urbain qui, techniquement, semble plus coûteuse, apparaît, socialement, plus économique.

Autre exemple, plus frappant encore, du moins en France. Certains politiciens estiment que la consommation d'alcool est une source intéressante de revenus pour l'Etat, alors que ses conséquences sociales, et en particulier la nécessité de soigner les malades et les déments, coûtent effroyablement cher à la société.

Voilà des exemples où la méthode opérationnelle serait très féconde. Malheureusement, elle est encore peu connue, chacun voulant étudier un problème en se limitant aux seuls facteurs de son ressort et admettant, difficilement, l'introduction d'impondérables.

M. LE PRÉSIDENT TUNZINI. — Pendant la période d'occupation, nous avons constitué une Commission qui avait justement le souci d'arriver au résultat que vous présentiez tout à l'heure et qui avait d'ailleurs bien démarré. Ses travaux ont duré pendant trois années, on a étudié les premiers grands projets de distribution urbaine de chaleur; et puis, sous l'influence d'un fonctionnaire incapable, on ne peut pas l'appeler autrement, cette Commission a été, du soir au matin, torpillée et ne s'est plus réunie.

Je causais tout à l'heure avec M. l'Ingénieur en Chef VARLET et il me disait qu'il était chargé justement d'établir, pour la fin de l'année, un rapport général sur les conséquences de la non-application des grandes distributions de la chaleur en France.

M. MISSENAUD. — Cet autre exemple vient encore à l'appui de ce que disait M. BURNAY : on compare le coût du chauffage urbain et du chauffage domestique en ne tenant compte que des prix du combustible, de l'amortissement du matériel, et en négligeant complètement le travail et le mal que l'entretien de foyers multiples donne à la maîtresse de maison.

Cela semble un travail gratuit, alors qu'en réalité pendant qu'elle le fait, elle ne s'occupe pas de ses enfants, ce qui est grave pour leur santé aussi bien physique que morale. Si, dans certaines classes laborieuses, les enfants sont insuffisamment bien élevés, c'est souvent parce que la femme est écrasée par des soucis domestiques que l'on pourrait atténuer par une meilleure organisation de la vie.

M. DEMONCY. — Il a été construit des H. L. M. représentant 800 logements et comportant chacun trois à quatre pièces, soit trois à quatre cheminées et trois à quatre conduits de fumée. Il n'a pas été prévu de chauffage central, par économie, paraît-il. 3 000 conduits de fumée fument. Les locataires montent les seaux de charbon et descendent les cendres, si bien que les escaliers au bout de six à huit mois sont salis. Appelle-t-on cela faire des économies et travailler pour le progrès social ?

Vous avez beaucoup parlé tout à l'heure de l'amélioration du confort dans les ateliers, mais vous n'avez pas parlé du confort dans les locaux scolaires. Dans le Nord, on est obligé de fermer les fenêtres et les portes pour éviter d'être couvert de suie au bout de

deux heures. Je me suis penché sur le problème du chauffage à air pulsé avec prise d'air extérieur et éjection de l'air vicié d'une classe de 100 à 120 m³ dans laquelle se trouvent quarante élèves. J'ai voulu faire adopter ce projet. Le Ministère de l'Education Nationale répondit : « le chauffage central par air chaud combiné avec la ventilation est peut-être une très bonne chose, mais c'est du luxe ».

Je crois que là aussi l'organisme présidé par M. TUNZINI ferait bien d'insister auprès des Pouvoirs Publics pour que les locaux scolaires soient un peu conditionnés, tout au moins ventilés. Commencer par ventiler les locaux dans lesquels on élève les enfants serait le moindre des progrès sociaux.

M. LE PRÉSIDENT TUNZINI. — Ne sommes-nous pas les premiers responsables ? Est-ce que vraiment nous nous sommes réunis pour faire l'effort de propagande qui est nécessaire pour une vulgarisation sur le plan industriel ?

M. DEMONCY. — L'initiative Tunzini est excellente. Reconnaissions qu'en France nous sommes en retard dans cette affaire de conditionnement d'air. Il est regrettable de le dire devant nos collègues étrangers, mais c'est incontestable. Fréquemment nous entrons dans des classes où se trouvent cinquante élèves, l'eau ruisselle le long des vitres et des murs, et nous sommes saisis par l'odeur qui s'en dégage. C'est inadmissible en 1957.

M. DE GRAVE. — Ceci me rappelle qu'il y a deux ans, au même congrès, on m'a demandé des explications sur le prix de revient du chauffage central dans les habitations à bon marché en Belgique et on m'a dit : « Cela semble élevé pour les revenus dont disposent ces personnes. » Evidemment, si l'on avait considéré le problème d'une manière tout à fait rationnelle, du point de vue comptable, en essayant de déterminer au préalable si la dépense était supportable, on aurait constaté, en faisant le bilan dont vous parlez tantôt, en y comprenant la dépense en combustible, les frais d'installation, les frais d'amortissement, que le chauffage central n'était pas économique.

Nous avons cependant installé le chauffage central dans des réseaux où les densités, pour parler comme hier, sont inférieures à 1 800 kcal/h/m. Ce chauffage coûte indéniablement plus cher, puisqu'il est central et généralisé, que le chauffage classique consistant en un poêle « à feu continu », comme nous disons en Belgique, installé dans un local et une cuisinière à charbon à fonctionnement intermittent, dans la cuisine. Malgré cela, les personnes qui habitent ces logements, bien qu'elles doivent payer de 400 à 600 francs belges, par mois, pendant toute l'année, pour le chauffage de leur habitation, ont trouvé qu'il était préférable pour elles de payer cette somme et d'avoir cette charge permanente en compensation du confort supplémentaire que cela leur procure.

Par conséquent, je voulais attirer l'attention sur le fait que, nous autres techniciens, nous devons, comme vous venez de le proposer, ne pas limiter les facteurs entrant dans le problème aux facteurs visibles et purement financiers, si nous voulons remplir notre rôle social, parce qu'enfin les ingénieurs et les techniciens ont un rôle social à remplir; nous devons voir un peu plus loin que le simple comptage du débit et du crédit, de l'actif et du passif.

Je voudrais également rappeler à M. DEMONCY que nous construisons beaucoup d'écoles en Belgique et que nous serions obligés d'émettre les mêmes objections s'il demandait à installer le chauffage à air chaud dans ces écoles.

Pourquoi ? Parce que nous considérons tout d'abord qu'il est de loin préférable de supprimer les émanations de poussières et par conséquent de combattre la pollution de l'atmosphère. Il y a en effet un autre phénomène dont M. JEANMAIRE n'a pas parlé à propos des filtres. Si nous considérons la statistique de la mortalité dont on vient de discuter, on pourrait tout aussi bien porter en abscisse la concentration en SO² de l'atmosphère. Or, le vieux laveur d'eau, dont M. JEANMAIRE a incidemment parlé, a tout de même un avantage, c'est que s'il n'absorbe pas énormément les poussières, par contre il absorbe le SO² et le CO².

Ensuite parce qu'il y a un problème qu'on n'a pas effleuré aujourd'hui, c'est le problème du prix de revient. Au point de vue de l'exploitation, que constatons-nous en Belgique ? Nous avons un

règlement des salles de spectacles et des salles de réunions qui impose un renouvellement d'air et qui pourrait s'appliquer d'ailleurs en grande partie aux constructions scolaires. Vous connaissez peut-être le Cinéma Métropole à Bruxelles, vous connaissez le Théâtre du Parc; ils comprennent des installations de conditionnement d'air, ou tout au moins de chauffage à air chaud, avec un certain pourcentage d'air frais. Je pense en outre à une installation qui devrait marcher environ 365 jours par an et qui fonctionne en réalité un jour par an. Nous avons de très belles installations, très modernes, et il est indéniable que les efforts en vue de la résolution des problèmes techniques ont été très nombreux, dans tous les pays; malheureusement, en matière de chauffage à air chaud ou de conditionnement d'air, la solution des problèmes économiques n'a pas encore été trouvée et je pense notamment au problème du prix de revient des installations.

A ce point de vue, on nous a parlé de beaucoup d'appareils différents; M. RAUSSOU a évoqué la standardisation des pièces constituant les appareillages électroniques. Je crois que là, si nous voulons faire une action réelle de propagande en vue du conditionnement d'air, il y a d'abord à faire une action dans notre milieu, en vue de la standardisation des constituants des installations. Il faut également faire une action éducative auprès des architectes en vue de les obliger, par un moyen quelconque — par exemple par le vieux moyen classique qui consiste à faire un prix pour les objets de série et un prix pour les objets hors série, le second étant, naturellement, beaucoup plus élevé que le premier — à employer de préférence des pièces, des matériaux et des appareils standard. Il faut leur faire comprendre que, comme aux Etats-Unis, ainsi que le disait hier M. ENEBORG, quand on construit un bâtiment, le premier technicien qui intervient, c'est le technicien mécanicien, c'est-à-dire l'homme responsable des installations de chauffage, de conditionnement et des installations électriques; tandis qu'actuellement nous sommes obligés de réaliser une installation dans un bâtiment où rien n'a été prévu à cet effet et d'employer des pièces et des appareils non standardisés.

Par conséquent, nous devons faire un effort personnel et également une action éducative.

Enfin, je signale encore à M. DEMONCY que le grand inconvé-

nient du chauffage à air chaud, dans les locaux scolaires, c'est la question du bruit.

Les Anglais ont résolu la question en faisant une production de chaleur centrale à eau chaude et en mettant dans chaque local scolaire un « aérotherme ».

Quant à moi, j'estime que même si les locaux sont surpeuplés, comme l'indiquait M. DEMONCY — et je signale à ce sujet qu'en Belgique la population d'une classe est de trente-quatre élèves pour l'enseignement moyen et de quarante élèves pour l'enseignement primaire — à condition de choisir convenablement en tenant compte de la méthode opérationnelle dont parlait M. le Président MISSE-NARD, le site de l'école en fonction des vents dominants et de faire des études très simples sur la pollution dans les différents quartiers, il y a moyen de se contenter de la ventilation naturelle.

Un dernier point sur lequel je voudrais attirer votre attention, c'est qu'il y a quelque chose qui s'oppose nettement à la diffusion du conditionnement d'air et du chauffage à air chaud, à savoir le prix du kWh.

M. DEMONCY. — Je ne partage pas votre point de vue parce que j'ai déjà réalisé quelques groupes scolaires et il n'y a pas de bruit si vous ne dépassez pas une vitesse d'air de 5 m/s. Lorsque nous avons, par exemple, dans une école, dix classes de quarante élèves, soit quatre cents personnes au total, j'estime que la dépense supplémentaire en kWh et en calories n'est pas une charge financière écrasante en comparaison des résultats obtenus.

M. BEUKERS. — Je suis très content d'écouter ici, en France, les cris du cœur de l'industrie du chauffage et du conditionnement d'air, parce que la fonction sociale et sanitaire de l'industrie du chauffage et de la ventilation a fait l'objet d'un congrès qui s'est tenu à Enschede, en Hollande, pour le cinquantième anniversaire du chauffage central où l'on a aussi insisté sur ce point, et l'on a vu évidemment que pour aboutir, il nous faudrait avoir le concours des autorités.

Dans ce but, on a entouré ce congrès technique d'une certaine propagande dans la presse, non pas seulement technique, mais quotidienne, pour la fonction sociale et sanitaire de l'industrie en vue du chauffage urbain, habitations, etc.

M. le Président Tunzini. — Je vous remercie, Messieurs. Je vais vous laisser maintenant, puisque ma mission est terminée, mais je veux vous remercier de l'attention que vous avez bien voulu porter, au cours de cette journée, au C. I. C. A. D.; vous serez toujours bien accueillis dans ses bureaux lorsque vous voudrez avoir un renseignement, de quelque nature qu'il soit.

La parole est maintenant au Président Missenard.

M. le Président Missenard. — Je voudrais féliciter et remercier le Président Tunzini de cette journée qui a été féconde en communications et en échanges de vues et surtout je voudrais souligner avec notre collègue hollandais, la mission sociale de nos techniques, mission sociale ignorée du grand public. Beaucoup considèrent encore que le chauffage est la continuation du ramonage. Je ne veux pas dire du mal des fumistes (que le Président Hérody ne prenne pas cela en mal...) mais depuis, nous avons beaucoup élargi notre champ d'activité et notre rôle social est devenu très important. C'est bien pour cela que la France, sous la généreuse et dynamique impulsion du Président Tunzini, a créé ce C. I. C. A. D., ce Centre d'Information pour le Développement du Conditionnement de l'Air, qui a pour but de promouvoir l'emploi du conditionnement et des climats artificiels et d'éclairer les usagers sur son rôle.

Si vous le voulez bien, nous allons conclure en souhaitant à cet organisme, grâce au dynamisme du Président Tunzini, tout le succès qu'il mérite.

TROISIÈME JOURNÉE

Mercredi 29 mai 1957

SOUS LA PRÉSIDENTENCE DE

M. P. ROUBAUD

Vice Président de la Chambre Syndicale des Entreprises d'Installations Thermiques
Administrateur-Délégué du Co. S. T. I. C.

CONDUITS DE FUMÉES

M. le Président Missenard. — Cette matinée sera consacrée à la question si importante et souvent si négligée des cheminées. Elle est placée sous la présidence de M. Pierre Roubaud. Celui-ci est à la fois vice-président de la Chambre Syndicale des installations thermiques de Paris et administrateur délégué du Comité Scientifique et Technique de l'Industrie du Chauffage et de la Ventilation (Co. S. T. I. C.). Il est passionné par les questions scientifiques et techniques et c'est pourquoi il anime avec M. Cadiergues, le Comité Scientifique et Technique de l'Industrie du Chauffage et de la Ventilation.

Il peut vous paraître bien jeune, alors que, pendant longtemps, la gérontocratie sévissait en France. La juste confiance que nous lui témoignons, ainsi qu'à ses collègues, montre bien notre désir de confier, le plus tôt possible, de lourdes responsabilités à nos jeunes confrères, tout en les guidant fraternellement, voire affectueusement de nos conseils.

Je ne puis m'empêcher, en cette circonstance d'évoquer la mémoire de M. Jules Roubaud, son père, qui fut un des modèles de dévouement à notre profession. Je regrette, avec tristesse, que sa brusque disparition, il y a quelques années, ne lui permette pas d'assister aujourd'hui à la présidence de son fils, qui sera certainement très brillante.

Je passe la parole au président Pierre Roubaud.

M. le Président Roubaud. — Je tiens à remercier vivement le Président Missenard de l'honneur qu'il m'a fait en me demandant de présider cette troisième journée, journée assez curieuse dans le cycle d'une technique moderne où, pour être moderne il faut parler d'électrons, de murs supersoniques, de climat artificiel; parler aujourd'hui conduits de fumées, constitue un peu une dérision.

Pourtant, si nous devons avoir de bons climats artificiels, nous devons prendre de l'air en particulier à l'extérieur de nos habitations, et le confort quel qu'il soit ne doit pas être individuel, mais apporter un progrès à chacun d'entre nous, c'est donc un progrès collectif.

Les techniques modernes se sont peu soucies, jusqu'à ce jour, des résidus de la combustion, et c'est le reproche que nous pourrions nous faire à nous-mêmes. Nous savons monter des chaudières, trop souvent nous oublions où sont partis les produits de la combustion. Ils s'ajoutent à ceux des moteurs des milliers de voitures qui circulent dans nos rues, à toute la poussière qu'elles remuent, et nous voulons introduire dans nos locaux, en filtrant cet air, un air amélioré, mais bien des choses ne peuvent être arrêtées dans des filtres simples et courants.

Aussi, il est bon, et il est temps de faire une pause sur les conduits de fumées. Ces problèmes n'intéressent pas seulement la France, vous pourrez voir que les pays étrangers s'occupent énormément de ces questions. C'est ainsi que nous donnons la parole à M. Becher, dont le nom est connu. M. Becher est Directeur technique de l'Institut National Danois de Recherche du Bâtiment, il a fait de nombreuses études dans le domaine du chauffage et de la ventilation dont il a la charge à l'Institut Danois de Recherche du Bâtiment et en particulier sur les jets de ventilation et des conduits de fumées. C'est un technicien remarquable, Ingénieur-conseil de plusieurs sociétés immobilières danoises, célébrité dépassant les frontières, membre de commissions techniques suédoises et interscandinaves, Président de la Réunion Internationale sur les conduits de fumées domestiques tenue à Copenhague en septembre 1956.

Conduits de fumées

LES CONDUITS DE FUMÉES DOMESTIQUES

par **M. Paul BECHER**

Ingénieur Civil, Directeur Technique de l'Institut National Danois de Recherche du Bâtiment.

Dans un bâtiment, le conduit de fumées est l'élément exposé aux conditions les plus sévères, aussi bien externes qu'internes. C'est pourtant le conduit en maçonnerie qui a prédominé jusqu'ici dans tous les pays, bien qu'il ne possède pas réellement toutes les qualités nécessaires d'efficacité et de durabilité. Il semble bien que les techniciens ne se soient jamais beaucoup intéressés aux conduits de fumées domestiques, bien que récemment on ait manifesté partout un grand intérêt pour ce problème.

Des techniques nouvelles et perfectionnées se développent, et après la guerre de nombreux pays, comme la Suède, la France et les Etats-Unis, ont modifié leurs codes relatifs aux conduits de fumées pour tenir compte des progrès réalisés dans ce domaine.

Le retard qu'on a pu constater dans le développement de cette technique doit être attribué au fait que personne n'avait encore approfondi véritablement le sujet. Lorsqu'un conduit était détérioré au point de devoir l'abattre ou qu'il se fissurait à la suite d'un feu de cheminée, on le reconstruisait (et on le reconstruit encore) de la même façon, personne ne s'avisant de songer à des améliorations possibles. Ce qui est désastreux avec le conduit en maçonnerie, c'est qu'il n'y a aucun coefficient de sécurité, au contraire de ce qui a lieu dans les autres domaines techniques. La garantie est très faible, et le fait qu'un conduit s'avère insuffisant ou qu'une légère modification se révèle efficace n'est parfois qu'une question de hasard.

RÉSUMÉ

Le conduit de fumées en maçonnerie n'a pas suivi le développement rapide qu'on a pu constater au cours des siècles derniers dans tous les autres domaines. C'est seulement durant ces dernières années qu'un intérêt croissant s'est manifesté pour ce problème, ce qui a obligé plusieurs pays à modifier leurs règlements relatifs aux conduits de fumées. Cet article mentionne de nouveaux règlements danois, avec tableaux de sections et spécifications concernant les registres.

Le conduit de fumées est souvent une source d'incendie; la solution la plus rationnelle consisterait à construire les conduits de façon à supprimer les risques de feux de cheminées plutôt qu'à isoler ultérieurement les conduits ou à imaginer des moyens de se protéger contre les feux de cheminées. C'est la suie compacte, dont le pouvoir calorifique est élevé, qui est la plus dangereuse. Lorsqu'un conduit de fumée est bien isolé, il s'y forme seulement de la suie fine, et d'après l'expérience danoise, il suffit de donner au conduit une isolation telle que le coefficient de transmission ne dépasse pas 0,6 kcal/mh °C.

A la lumière de certaines expériences, qui ne sont pas encore terminées, il semble qu'on devrait construire des conduits de fumées plus hauts pour les installations de chauffage central des zones résidentielles. Afin d'empêcher le rabattement des fumées au voisinage immédiat des habitations, la hauteur du conduit ne devrait pas être inférieure à une fois et demie ou deux fois la hauteur des bâtiments voisins.

SUMMARY

The masonry flue has remained unchanged in spite of rapid development in all other fields during the last centuries. Only during recent years has there been an increasing interest in the problems, and in several countries the building codes have been modified accordingly. In this paper mention is made of new regulations in the Danish building code concerning flues, with tables of internal cross-sections and designs of damper openings.

The flue is often a source of fires and the most rational thing would be to build the flues in such a way that the risk is eliminated, instead of isolating them, or in other ways attempting to prevent chimney fires, and their ensuing calamities, from becoming more frequent. It is the heavy, hard soot with its high heating value which is the most dangerous. If the flue is heat insulated, there will be only formation of loose, light soot, and according to Danish experience, it should be sufficient to insulate the flue so that the coefficient of transmission does not exceed 0,6 kcal/mh°C.

In accordance with some experiments, not yet finished, it seems that flues for central heating plants in residential houses should be built higher than before. In order to prevent down draft of smoke in the immediate vicinity of the houses, the height of the flue should be one and a half or twice the height of the surrounding houses.

DONNÉES HISTORIQUES

Au XVI^e siècle, le développement du conduit de fumées contribua largement à modifier les traditions de construction en Europe septentrionale, et il permit en particulier la réalisation de bâtiments à plusieurs étages. Auparavant, on disposait d'un foyer au milieu du plancher et d'une ouverture dans le toit. De cette façon, il était évidemment impossible d'utiliser les combles. Pendant deux siècles, les gens se contentèrent de construire une cheminée au-dessus du foyer, supportant un conduit en pisé dans la charpente. Les gaz de combustion s'échappaient par un trou dans le toit. La brique était trop coûteuse, et on ne pouvait pas prévoir un conduit en pisé jusque sur le toit à cause de la pluie. De plus, les gens admettaient difficilement l'idée d'un trou dans leur toit qu'on ne pourrait fermer de l'intérieur. A ces époques troublées, les voleurs auraient pu emprunter cette voie et au besoin se servir des briques pour attaquer les habitants.

Vers 1800, il semble que le conduit de fumées soit devenu relativement courant dans les fermes danoises. Cependant, il marquait en même temps un énorme pas en arrière du point de vue de l'hygiène. Avec une ouverture dans le toit, la maison se trouvait ventilée et, de toutes façons, une forte ventilation était nécessaire pour rendre les pièces habitables. Après l'introduction du conduit de fumées, le tirage était tel qu'on dut calfeutrer soigneusement portes et ouvertures; ce qui devint le plus important ce fut de résister à la chaleur, et ce fut au préjudice de la propreté et de la ventilation. Cette situation était d'autant plus néfaste que les maisons étaient construites sur un sol argileux sans possibilité de drainage, avec seulement des sols en terre battue. Les poêles devinrent plus petits et furent inutilisables pour les bains de vapeur. Les gens ne se lavèrent plus et ceci, joint à la présence d'un air confiné dans les pièces, fit qu'un nombre considérable de petites créatures se rallièrent, avec les habitants, au principe : « Ni eau, ni courant d'air ». La majorité de la population souffrit en silence sous cette loi d'or : « La saleté c'est la santé ».

Au cours des siècles, les autorités s'étaient seulement intéressées à ce problème du point de vue des incendies, et ceci fort justement car les conduits de fumées avaient toujours figuré en bonne place dans les statistiques des causes d'incendies. Rien de sensationnel pourtant ne s'est produit à Copenhague depuis 1643, date à laquelle il fut décidé que les conduits seraient placés à l'intérieur des locaux et les fumées évacuées à travers le toit. Les supports en bois furent interdits en 1728, mais cette interdiction fut apparemment vite oubliée, et les habitudes restèrent celles du bon vieux temps.

CONDUITS DE FUMÉES ET RÈGLEMENTS ACTUELS EN SCANDINAVIE

Il apparut pendant la guerre que les conduits n'étaient pas aussi satisfaisants qu'ils auraient dû l'être. Au Danemark, nous fûmes contraints d'utiliser nos combustibles nationaux, tourbe et lignite, ce qui se traduisit par un grand nombre de cas de bistrage et d'incendies dus au fait que les conduits n'étaient pas suffisamment isolés (fig. 1).

Le fait que la température dans le conduit est le facteur important est clairement mis en évidence à la figure 2, la suie fine et peu dangereuse se déposant dans la partie du conduit parcourant les locaux chauffés, et le calcin dur et dangereux, à pouvoir calorifique élevé, se déposant dans la partie de ce même conduit située dans les combles froids.

Au contraire de ce qui se passe avec la suie provenant de charbon et de coke, la suie de la tourbe et du lignite est soluble dans l'eau, et la pluie peut par conséquent la diluer largement pour former du bistre. En Norvège et en Suède, où le chauffage

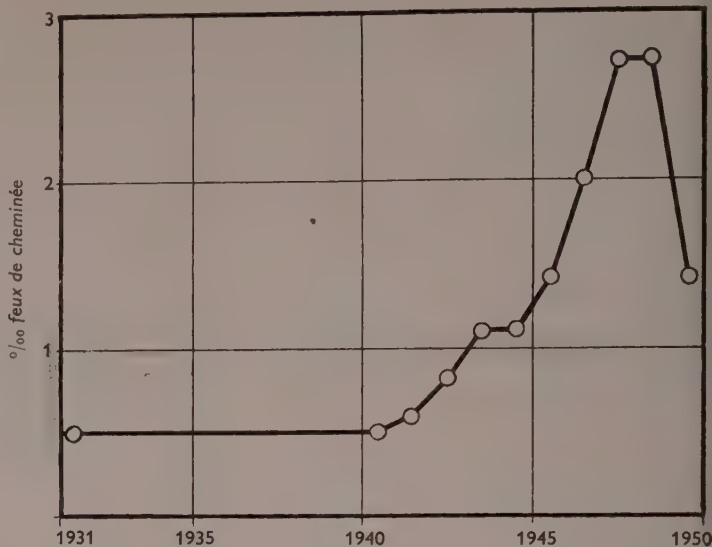


Fig. 1. — Feux de cheminées à Copenhague. Le rôle de la tourbe et du lignite, brûlés pendant la guerre, apparaît nettement.



Fig. 2. — Deux sortes de suie extraites d'un conduit de fumées par ramonage. La suie fine (à droite) provient de la partie du conduit parcourant les pièces chauffées, et la suie compacte (à gauche) à pouvoir calorifique élevé, provient des combles froids.

au bois est très répandu, les dommages dus au bistre sont également fréquents.

En plusieurs endroits, les dommages de l'époque de la guerre ont réapparu au fur et à mesure de la conversion des brûleurs à combustibles solides en brûleurs à mazout, car les fumées du mazout contenant une grande quantité de vapeur d'eau, ces vapeurs se condensent dans la partie supérieure froide du conduit et dissolvent les dépôts solubles.

Dans le domaine de la réglementation des conduits de fumées il est curieux de noter que les règlements danois et norvégiens se distinguent de ceux d'autres pays en ce qu'ils permettent de brancher plusieurs poêles sur le même conduit de fumées ainsi que le montre la figure 3. Conformément au règlement norvégien de 1949, il est permis, pour chaque section de 75 cm², de brancher un poêle ordinaire ou une cuisinière sur un conduit de moins de 47 x 47 cm. Conformément au règlement de Copenhague de 1939, on peut brancher douze poêles fermés sur le même conduit, à condition toutefois de ne pas connecter plus de trois poêles par étage au même conduit. Lorsque le nombre de poêles dépasse un total global de douze, ou un total de trois par étage, on doit augmenter la section et l'épaisseur de la paroi du conduit. Dans ces deux pays, les cheminées et autres types de foyers ouverts doivent être munis d'un conduit individuel. Les poêles ouverts ou ouvrables, qui sont très répandus en Europe centrale, ne sont pas utilisés au Danemark et en Norvège ; nous utilisons toujours, des poêles fermés en fonte ou en tôle d'acier. Au Danemark, le principal combustible est le coke, et en Norvège — ainsi que nous l'avons indiqué plus haut — le bois. Le fait que les règlements d'autres pays exigent un conduit par poêle, même fermé, semble donc bien étrange pour un Norvégien ou un Danois. A la lumière de notre expérience, une telle sévérité est tout à fait superflue et peut entraîner d'énormes dépenses sans aucune justification.



Fig. 3. — Maisons de Copenhague du XVIII^e siècle. Les fumées de tous les poêles s'échappent par un ou deux conduits.

Comme dans d'autres pays, ce sont les dimensions des briques qui déterminent au Danemark et en Norvège les sections des conduits. La Suède, cependant, a fait un grand pas en avant en autorisant des sections de conduits pouvant aller jusqu'à 150 cm² ; toutefois, pour les foyers ouverts, la limite inférieure est de 300 cm². Les valeurs correspondantes pour les conduits circulaires sont de 125 et 250 cm².

Spécifications rationnelles.

Pour qu'un conduit possède des qualités normales d'efficacité et de résistance au feu, il doit satisfaire aux conditions suivantes :

1. Il doit être peu coûteux ;
2. Il doit demeurer étanche et les matériaux utilisés doivent pouvoir résister aux charges normales ;
3. Il doit, à n'importe quel moment et pour toute charge du poêle, ou de la chaudière, branché, fournir le tirage nécessaire ;
4. La température de surface interne du conduit ne doit jamais descendre au-dessous du point de rosée des gaz de combustion ;

5. La température de surface externe du conduit ne doit jamais être trop élevée pour éviter les dangers d'incendie.

Malheureusement, le conduit en maçonnerie ne remplit que la première condition. Les spécifications 3, 4 et 5, concernant le tirage et les températures de surface interne et externe du conduit, ne sont satisfaites que si le conduit est suffisamment isolé. Construire un conduit bien isolé est extrêmement simple. Le seul problème consiste à trouver des matériaux et à réaliser l'isolation de manière à ce que la partie interne puisse résister aux conditions auxquelles elle est soumise. Lorsqu'un conduit est bien isolé, il n'y a pas de dépôt de calcin, et le conduit ne se trouve jamais exposé à des dangers graves d'incendie, tout simplement parce qu'il n'y a jamais assez de suie pour provoquer un feu de cheminée dangereux (1). Lorsqu'un conduit est isolé, on obtient un chauffage plus uniforme, ce qui a pour conséquence d'augmenter sa résistance aux variations de température pendant le fonctionnement normal.

Isolation thermique des conduits de fumée.

La première question à se poser — et la plus importante — est la suivante : quelle isolation doit-on donner à un conduit de fumée ? Je crois avoir acquis une certaine expérience dans ce domaine, quant à la façon de résoudre des problèmes. Avant de commencer les calculs, je voudrais rappeler rapidement les formules nécessaires.

Production de fumées.

La quantité de fumées produites varie très peu d'un type de combustible à un autre. La production de fumées sans excès d'air se situe autour de 1,2 Nm³(2) par Mcal. La figure 4 donne un abaque pour la détermination de la quantité de fumées R produite pour différents excès d'air. A la température t , le volume des fumées sera égal à $R_t = R \frac{273 + t}{273}$

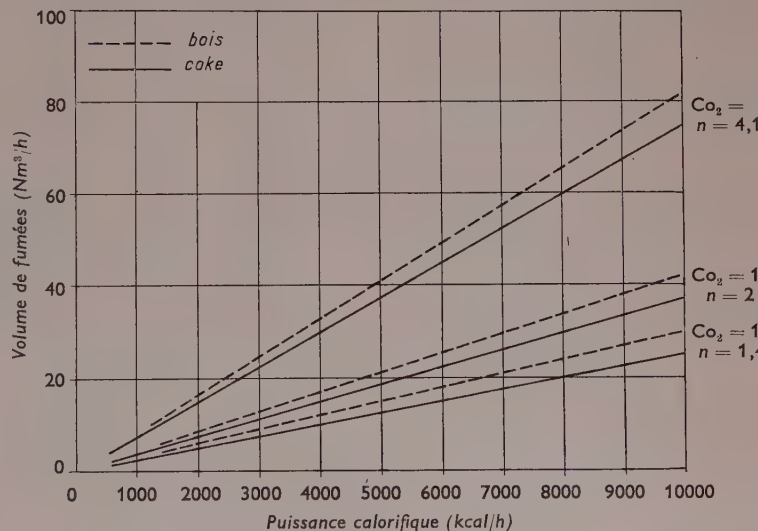


Fig. 4. — Quantités de fumées, en Nm³, à 0° C et 760 mm de mercure par 1 000 kcal émises par un poêle ou une chaudière, pour plusieurs combustibles et différentes valeurs d'excès d'air.

(1) Un brûleur à mazout mal réglé ou de dimensions mal calculées peut entraîner un dépôt de suie suffisant pour obstruer, mais ceci n'a rien à voir avec la construction du conduit.

(2) Nm³ désigne le mètre cube normal, c'est-à-dire le volume occupé par le gaz à 0° et sous pression atmosphérique normale de 1013 mb.

Point de rosée des fumées.

Le tableau I (p. 1192) donne les points de rosée calculés des gaz produits par différents types de combustibles. Toutefois, les fumées réelles contiennent toujours des composés sulfuriques qui font qu'en fait le point de rosée réel est généralement légèrement supérieur. Jusqu'ici, on n'a pas déterminé avec certitude l'influence du point de rosée dans le cas des conduits domestiques, mais pour les calculs, il suffirait probablement d'utiliser les valeurs de la dernière colonne et même de les augmenter légèrement lorsque le chauffage est intermittent.

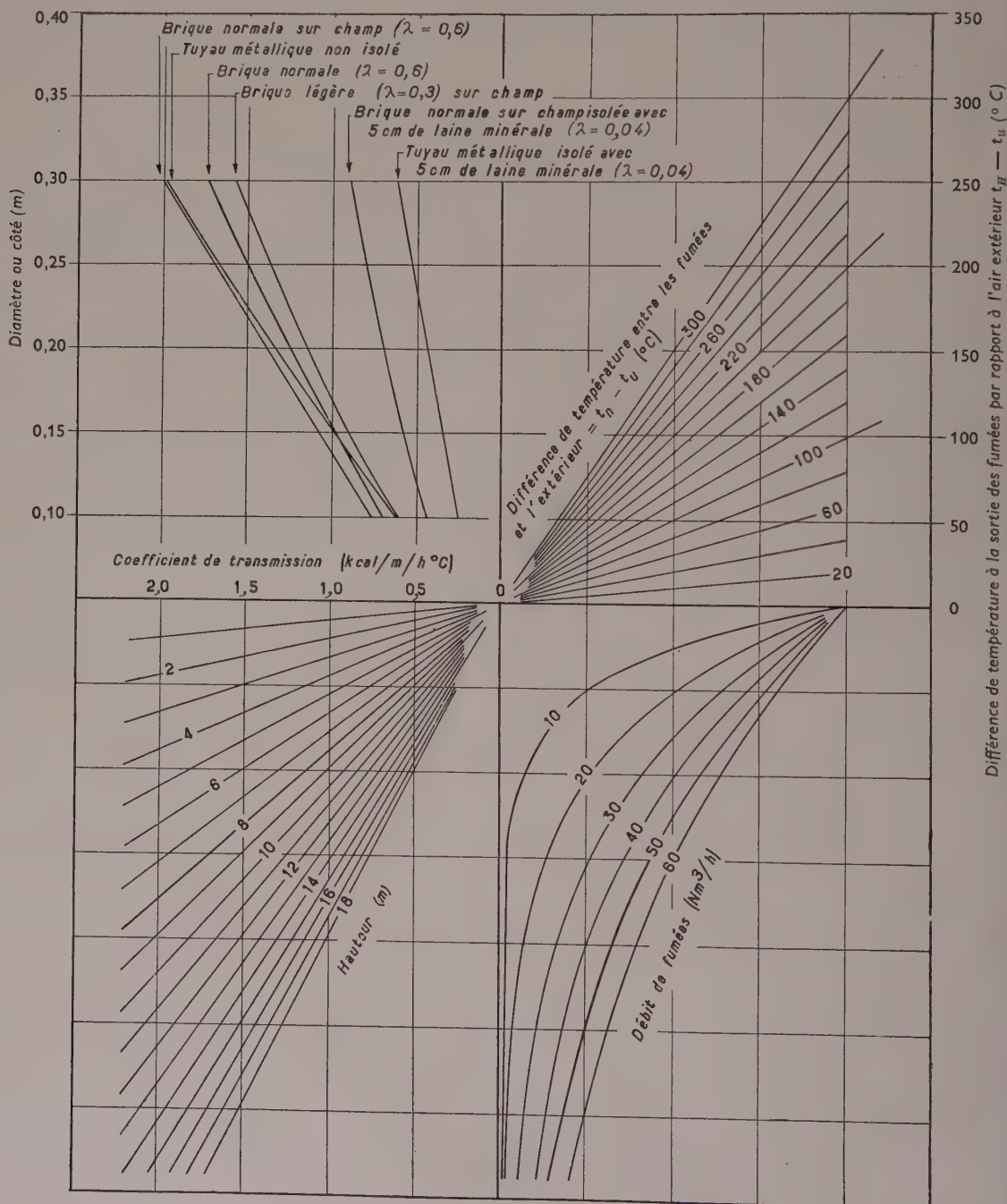
Coefficient de transmission.

Le coefficient de transmission par unité de longueur du conduit est calculé par la formule usuelle pour l'écoulement à deux dimensions dans des conduits circulaires.

$$k_{\text{conduit}} = \frac{1}{d_1 \alpha_1} + \frac{1,15}{\lambda_1} \log \frac{d_2}{d_1} + \frac{1,15}{\lambda_2} \log \frac{d_3}{d_2} + \dots + \frac{1}{d_{n+1} \alpha_{n+1}}$$

kcal/mh°C (2)

Fig. 5. — Abaque pour la détermination des relations existant entre le diamètre du conduit de fumées d , (en m), la paroi, le coefficient de transmission de chaleur par mètre de conduit k_{conduit} (en kcal/mh°C), la puissance pour des quantités données de fumées R (en m³/h), la différence $(t_n - t_u)$ entre la température des fumées à l'intérieur du conduit. En brique de diatomées de diamètre intérieur $d_i = 1,19$ m, nous avons $k_{\text{conduit}} = 1,1$ kcal/mh°C. Si la hauteur est $H = 5$ la puissance ≈ 20 Nm³/h $Q = 700$ kcal/h, et $t_n - t_u = 160^\circ\text{C}$, on a $t_H - t_u = 70^\circ\text{C}$ et, avec une température ambiante de 12°C , une température des fumées supérieure à 82°C .



où

d_1 est le diamètre de la section libre en m

α_1 le coefficient superficiel interne en kcal/m²/h°C

λ_1 la conductivité thermique de l'anneau interne en kcal/m/h°C, et les symboles marqués n représentent les valeurs correspondantes pour les autres couches.

Lorsque le calcul s'applique à un conduit de section carrée, il est nécessaire de l'assimiler à un conduit de section circulaire de même surface interne et de même épaisseur de paroi. Ceci ne peut être rigoureusement exact; mais c'est sans importance, la résistance de la surface interne étant le facteur essentiel.

L'écoulement des gaz dans un conduit du type étudié dans cet exposé est semi-turbulent et, conformément aux résultats de certains essais anglais, le coefficient superficiel interne est $\alpha_1 = 2,5$ kcal/m²/h°C.

Cette relation n'est peut-être pas absolument exacte, mais elle conduit à des résultats satisfaisants, ce qui n'est pas le cas avec les formules usuelles de coefficient superficiel pour écoulement turbulent ou laminaire.

Dans les conditions normales, le coefficient superficiel externe peut être pris égal à $\alpha_{n+1} = 11$ kcal/m²/h°C.

Températures à l'intérieur des conduits.

En supposant que les déperditions d'un conduit soient égales aux taux de refroidissement des fumées, on obtient :

$$\log_e \frac{t_n - t_u}{t_H - t_u} = \frac{k_{\text{conduit}} H}{R c_p} \quad (3)$$

où t_n est la température des fumées à l'intérieur du conduit

t_H la température des fumées à la hauteur H à la sortie du conduit, en °C;

t_u la température ambiante en °C;

R la quantité de fumées à la température réelle, en m³/h;

c_p la chaleur spécifique des fumées à pression constante, en kcal/Nm³.

La valeur $R c_p$ étant pratiquement indépendante de la température, il est possible d'utiliser la valeur à 0°C. On a alors $c_p \approx 0,33$ kcal/Nm³; et on peut extraire directement la quantité de fumées de la figure 4.

L'abaque de la figure 5 est fondé sur les formules et les données précédentes et facilite considérablement les calculs.

Pour juger sa validité, il est nécessaire d'examiner quelques cas de conduits pour lesquels une isolation insuffisante a conduit à l'accumulation de suie et quelques autres pour lesquels l'isolation s'est révélée satisfaisante.

Premier exemple : Conduit mal isolé (fig. 6).

On a généralement constaté que dans les conduits de maisons à un seul étage, la suie fine à faible pouvoir calorifique volumique se formait au niveau des pièces chauffées et que le calcin se déposait au niveau des combles, lorsqu'on brûle de la tourbe dans une petite chaudière de chauffage central située en sous-sol. Avec du coke, on trouve de la suie fine sur toute la longueur du conduit.

Le calcul montre que, dans le premier cas, avec la tourbe, la température de la surface interne du conduit est inférieure au point de rosée des fumées mais que, dans le second cas, avec le coke, elle est supérieure au point de rosée.

La section libre du conduit est de 25 × 25 cm, les parois ont 11 cm d'épaisseur et sont construites en brique normale dont la densité est égale à 1700 kg/m³. La température des fumées est

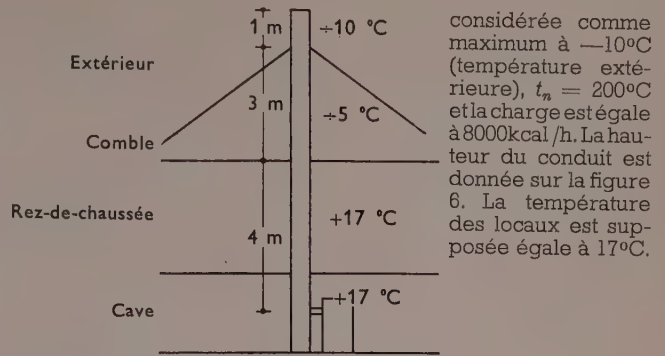


Fig. 6. — Schéma d'un conduit de fumées en maçonnerie traditionnelle, pour une maison à un étage.

Tourbe et bois.

D'après la figure 4, la quantité de fumées

$$R = 8 \times 3,3 = 26,4 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

La figure 5 donne les valeurs suivantes, pour $k_{\text{conduit}} = 1,7$.

Plancher sous comble	$t_H - t_u = 85^\circ\text{C}$
	$t_H = 85 + 17 = 102^\circ\text{C}$
Toit	$t_H - t_u = 60^\circ\text{C}$
	$t_H = 60 - 5 = 55^\circ\text{C}$
Sommet du conduit	$t_H - t_u = 54^\circ\text{C}$
	$t_H = 54 - 10 = 44^\circ\text{C}$

et on peut constater, d'après le tableau 1, que les températures au niveau du toit et du sommet du conduit sont inférieures au point de rosée des fumées, 60°C; les parois du conduit seront même plus froides. Ces calculs confirment les résultats expérimentaux.

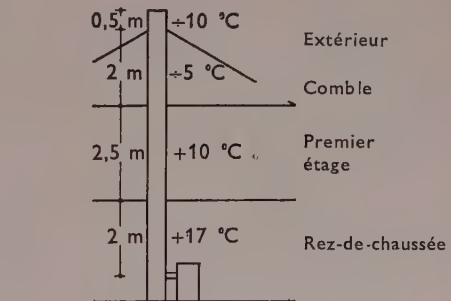


Fig. 7. — Isolation d'un conduit de fumées traditionnel avec une chemise en béton de ponce et du béton de mâchefer entre cette gaine.

Tableau I. — Point de rosée des fumées produites par différents types de combustibles.

Combustible	Point de rosée théorique pour un excès d'air de				Point de rosée réel °C
	0 %	50 %	100 %	200 %	
Coke.	23	20	18	16	20
Anthracite.	36	33	30	26	40
Lignite.	58	52	47	42	60
Tourbe.	58	52	47	42	60
Bois.	60	55	50	45	60
Mazout.	51	45	40	35	55
Gaz.	70	63	58	52	70

Coke.

D'après la figure 4, la quantité de fumées $R = 8 \times 2,8 = 22,4 \text{ Nm}^3/\text{h}$.

La figure 5 donne les valeurs suivantes :

Plancher sous comble	$t_H - t_u = 74^\circ\text{C}$
	$t_H = 74 + 17 = 91^\circ\text{C}$
Toit	$t_H - t_u = 49^\circ\text{C}$
	$t_H = 49 - 5 = 44^\circ\text{C}$
Sommet du conduit	$t_H - t_u = 43^\circ\text{C}$
	$t_H = 43 - 10 = 33^\circ\text{C}$

Le tableau 1 ci-dessus montre que les températures des fumées à l'intérieur du conduit sont toujours supérieures au point de rosée, 20°C , et que la marge de sécurité est suffisante pour éliminer tout danger, ce que vient encore confirmer l'expérience pratique.

Une méthode d'isolation des conduits existants s'est développée au Danemark durant ces dernières années, ainsi que le montre la figure 8. Un conduit en béton de ponce est mis en place en éléments de 60 cm et le vide en forme d'anneau entre ce conduit et la gaine en brique est rempli avec du béton de ponce légèrement humide et mélangé à du béton de mâchefer dans la proportion 1/8. Le fabricant indique qu'un conduit construit conformément à la figure 7 a donné d'excellents résultats sur une période de un an et demi, bien qu'utilisé avec un chauffage au bois.

Pour faire les calculs, il est nécessaire d'assimiler le conduit carré à un conduit circulaire ayant le même coefficient de transmission. La surface du revêtement en béton de mâchefer est prise égale à la surface entre 2 et 3.

$$625 - \frac{\pi}{4} 20^2 = \frac{\pi}{4} (d_3^2 - 20^2)$$

donne $d_3 = 23,2 \text{ cm}$ et $d_4 = d_3 + 2,12 = 52,2 \text{ cm}$.

Le coefficient de transmission est égal à

$$k_{\text{conduit}} = \frac{\pi}{\frac{1}{0,15 \times 2,5} + \frac{1,15}{0,25} \log \frac{0,20}{0,15} + \frac{1,15}{0,1} \log \frac{0,282}{0,20} + \frac{1,15}{0,6} \log \frac{0,522}{0,282} + \frac{1}{0,522 \times 11}} = 0,56 \text{ kcal/hm } ^\circ\text{C}.$$

Le flux de chaleur n'étant pas entièrement radial et un certain écoulement existant le long du conduit, on suppose que :



Fig. 8. — Un conduit en béton de ponce est mis en place par éléments de 60 cm, et le volume cylindrique entre la chemise et la gaine en briques est rempli avec du béton de ponce (voir également fig. 7).

$$k_{\text{conduit}} = 0,6 \text{ kcal/mh } ^\circ\text{C}.$$

La quantité de fumées est prise égale, pour 6000 kcal/h , à $R = 19,8 \text{ Nm}^3/\text{h}$ et $t_n = 150^\circ\text{C}$.

D'après la figure 5, on a :

Plancher du premier étage	$t_H - t_u = 112^\circ\text{C}$
	$t_H = 112 + 17 = 129^\circ\text{C}$
Plancher sous comble	$t_H - t_u = 91^\circ\text{C}$
	$t_H = 91 + 10 = 101^\circ\text{C}$
Toit	$t_H - t_u = 89^\circ\text{C}$
	$t_H = 89 - 5 = 84^\circ\text{C}$
Sommet du conduit	$t_H - t_u = 89^\circ\text{C}$
	$t_H = 89 - 10 = 79^\circ\text{C}$

La température de la paroi interne du conduit au niveau du toit est égale à :

$$0,6 \times 94 = 2,5 \times (84 - t_o)$$

$$t_o = 62^\circ\text{C}$$

Une comparaison avec les valeurs de point de rosée données au tableau 1, 60°C , montre que l'isolation du conduit est juste suffisante, même par rapport aux températures relativement faibles des fumées.

Troisième exemple d'un conduit reconstruit.

Nous avons également une étude concernant un conduit en maçonnerie ordinaire desservant une chaudière de 5 m^2 avec grille de foyer. Ce conduit, qui donnait constamment lieu à des difficultés, vit son fonctionnement amélioré après avoir été isolé conformément au second exemple. La longueur de conduit correspondant au niveau des pièces chauffées à 20°C était de 7 m , la longueur au niveau correspondant à -5°C était de 3 m et celle correspondant à -10°C de 1 m . La charge peut être considérée comme très faible, environ $3\text{ à }4\,000\text{ kcal/m}^2\text{ h}$ ou $R = 2,6 \times 18 \simeq 50\text{ Nm}^3/\text{h}$.

Avant isolation

D'après la figure 5, et avec une température de fumées au sommet de 150°C , on a :

Plancher sous comble	$t_H - t_u = 65^\circ\text{C}$
	$t_H = 65 + 17 = 82^\circ\text{C}$
Toit	$t_H - t_u = 58^\circ\text{C}$
	$t_H = 58 - 5 = 53^\circ\text{C}$
Conduit	$t_H - t_u = 57^\circ\text{C}$
	$t_H = 57 - 10 = 47^\circ\text{C}$

La température de surface interne, pour $k_{\text{conduit}} = 1,7$, est déterminée par :

$$1,7 \times 63 = 2,5 (53 - t_o) \text{ et}$$

$$t_o \simeq 10^\circ\text{C}$$

Le point de rosée étant d'environ 55°C , il est facile de voir que le conduit sera humide et le tirage mauvais, et par suite la formation de suie inévitable.

Après isolation.

D'une façon analogue au second exemple, nous avons $k_{\text{conduit}} = 0,6$, mais une température de fumées de 125°C .

D'après la figure 5, nous avons :

Plancher sous comble	$t_H - t_u = 84^\circ\text{C}$
	$t_H = 84 + 17 = 101^\circ\text{C}$
Toit	$t_H - t_u = 96^\circ\text{C}$
	$t_H = 96 - 5 = 91^\circ\text{C}$
Conduit	$t_H - t_u = 97^\circ\text{C}$
	$t_H = 97 - 10 = 87^\circ\text{C}$

La température de surface interne est donc égale à $0,6 \times 101 = 2,5 (91 - t_o)$, ce qui donne $t_o \simeq 67^\circ\text{C}$.

Le conduit restera donc sec.

Projet de conduit préfabriqué.

Les considérations ci-dessus ont montré que les conduits de fumées sont satisfaisants lorsqu'ils sont suffisamment isolés pour fournir un coefficient de transmission thermique par m de hauteur inférieur à une valeur ne dépassant pas $0,6\text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$.

Les conditions fondamentales sont les suivantes :

— Section libre inférieure à la section correspondant à 20 cm de diamètre.

— Le conduit ne doit pas être placé contre un mur extérieur.

— La capacité calorifique doit se rapprocher des valeurs données par le système de la figure 7.

— La charge doit être la charge normale de fonctionnement pour une maison occupée par une famille.

— Le conduit doit présenter une sécurité suffisante vis-à-vis des dangers d'incendie.

Le matériau le plus indiqué pour l'isolation des conduits de fumées est la laine minérale et la réalisation peut être conforme au schéma donné à la figure 9. Les dimensions données ici sont conformes aux principes de coordination modulaire, qui seront certainement appliqués systématiquement au Danemark dans un proche avenir.

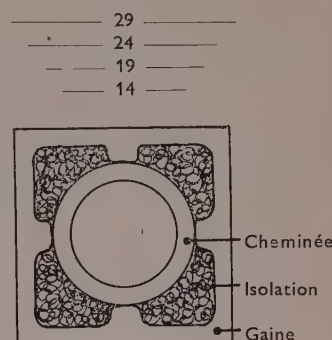


Fig. 9. — Projet de conduit de fumées préfabriqué. Chemise en terre cuite, terre réfractaire ou chamotte, isolée avec de la laine minérale, parois extérieures en béton ou en brique. Coefficient de transmission $k_{\text{conduit}} = 0,8\text{ kcal m/h}^\circ\text{C}$, hauteur de l'élément 40 cm pour conduit monté sans ciment et 39 cm pour paroi extérieure fixée au ciment.

Pour calculer le coefficient de transmission correspondant au schéma de la figure 6, il est nécessaire de transposer les valeurs pour une section circulaire correspondante ; la surface de la section libre et l'isolation sont converties en section circulaire de même surface :

$$24^2 - 4 \times 2,5 \times 2 - \frac{\pi}{4} 19^2 = \frac{\pi}{4} (d_3^2 - 19^2)$$

ce qui donne $d_3 = 26,6\text{ cm}$;

$$d_4 = 26,6 + 5 = 31,6\text{ cm}.$$

Le coefficient de transmission de chaleur peut être déterminé à l'aide des formules données précédemment et le coefficient de conductivité thermique peut être pris égal à :

0,6	kcal/m h $^\circ\text{C}$	pour la paroi extérieure du conduit,
0,04	—	pour l'isolation,
0,7	—	pour le conduit interne.

$$k_{\text{conduit}} = \frac{\pi}{\frac{1}{0,14 \times 2,5} + \frac{1,15}{0,7} \log \frac{1,15}{0,04} \log \frac{0,266}{0,19} + \frac{1,15}{0,06} \log \frac{0,316}{0,266} + \frac{1}{0,316 \times 11}} = 0,41 \simeq 0,5\text{ kcal/mh}^\circ\text{C}.$$

Par conséquent, un conduit préfabriqué conçu conformément à la figure 6 est suffisamment isolé pour des conditions normales de fonctionnement. Lorsque les fumées ont une teneur en humidité très élevée, il est nécessaire d'introduire de l'air secondaire à la température ambiante dans les fumées pour

Tableau II. — Projet de réglementation pour le dimensionnement des conduits dans les installations de chauffage central.

Puissance de la chaudière Q kcal/h	Section interne	Diamètre d cm	Hauteur du conduit H en m						
	a cm b cm		6 (1)	9	12	15	18	21	24
12 000	15 × 15	15	1,5	2,2	2,8	—	—	—	—
35 000	15 × 15	15	2,0	2,6	3,4	4,2	—	—	—
70 000	15 × 24	20	—	3,0	4,0	5,0	—	—	—
110 000	24 × 24	25	—	3,2	4,4	5,6	6,8	—	—
160 000	24 × 36	30	—	3,4	4,8	6,2	7,5	9,0	—
225 000	36 × 36	35	—	—	5,2	6,6	8,0	9,4	—
300 000	36 × 48	40	—	—	5,4	6,9	8,3	9,8	11,2
420 000	48 × 48	48	—	—	—	7,1	8,6	10,2	11,8
600 000	48 × 60	54	—	—	—	—	8,3	9,8	11,2
800 000	60 × 60	60	—	—	—	—	7,8	9,2	10,5

(1) Cette hauteur ne serait utilisée qu'exceptionnellement.

Les valeurs de ce tableau donnent les tirages obtenus avec une température des fumées $t_R = 300^\circ \text{C}$.

Hypothèse du tableau.

Les dimensions des conduits sont pour des raisons de sécurité, calculées pour des conduits droits verticaux non isolés (c'est-à-dire $k = \max. 2,0 \text{ kcal/m h } ^\circ\text{C}$).

Combustibles : charbon, coke et mazout.

Teneur en gaz carbonique : pour le coke et le charbon 10 %, pour le mazout 8 %.

Température des fumées à la base du conduit $t_R = 300^\circ\text{C}$.

Température d'air : 0°C .

Température de la paroi externe du conduit : 0°C .

Ouverture : carrée ou circulaire.

Quantité de fumées produites : $3,10 \text{ Nm}^3$ (à 0°C et 760mm de mercure) par 1000 kcal d'émission de la chaudière).

Rendement de la chaudière : 0,70.

réduire le point de rosée, comme on le fait par exemple pour le chauffage au gaz.

Section du conduit.

On ne peut aboutir à une conception plus rationnelle des conduits de fumées qu'en abandonnant les spécifications traditionnelles de sections. Dans un projet de réglementation danois, on a proposé une section minimum de 144 cm^2 pour les conduits carrés, et un diamètre minimum de 12 cm pour les conduits circulaires. A ce conduit de petites dimensions ne pourrait être branché qu'un appareil; serait autorisé le branchement de deux petits poêles fermés ou d'une chaudière de chauffage central d'une surface de chauffe maximum de 3 m^2 et d'une machine à laver à des conduits entre 15×15 et $23 \times 23 \text{ cm}$. Pour ce qui concerne les installations plus importantes, on a établi le tableau II ci-dessus, fondé en grande partie sur une étude hollandaise (1).

Aux puissances de chaudière indiquées sur le tableau correspond une vitesse des fumées $v_n =$ environ 2 Nm/s , c'est-à-dire que la vitesse absolue est $v =$ environ 4 m/s pour une température des fumées $t_R = 300^\circ\text{C}$.

Pour des températures t_R différentes de $t_R = 300^\circ\text{C}$, les tirages donnés par le tableau doivent être corrigés conformément à la formule approximative suivante :

$$P_{t_R} = \frac{t_R}{300} P_{300} \text{ mm eau.}$$

Pour une augmentation de 10-15 % de la puissance du tableau, on doit s'attendre à une réduction de tirage d'environ 1 mm à $t_R = 300^\circ\text{C}$. Pour des puissances inférieures, il est recommandé d'utiliser les valeurs du tableau pour le tirage à 300°C .

Registre.

Pour l'établissement de cette nouvelle réglementation concernant les conduits de fumées, un autre problème fut soulevé, celui des registres.

Si l'on veut que le registre puisse jouer son rôle avec efficacité, l'ouverture doit être suffisamment petite pour que le registre soit capable d'offrir une résistance suffisante au passage des fumées lorsqu'il est fermé et pour réduire le tirage de la chaudière. D'un autre côté, il est nécessaire de respecter une certaine ouverture minimum pour maintenir le tirage dans la chaudière.

En supposant qu'une charge $\frac{1}{n}$ produise $\frac{1}{n}$ de la quantité maximum de fumées avec 10 % de CO_2 à une température maximum des fumées de 300°C et $\frac{1}{n}$ de la charge maximum à 100°C , on trouve la formule simple suivante :

$$f = 10^{-4} \times 25 \frac{Q_1}{\sqrt{H}} \text{ cm}^2 \quad (4)$$

où

Q_1 est la puissance maximum et

H la hauteur du conduit.

Cette formule a permis de proposer le projet de réglementation suivant pour les ouvertures de registres (voir tableau III page suivante).

(1) A. Adam : Grafieken ter bepaling van de schoorsteentrek, 1953.

A. Adam : Berekening van schoorstenen, article paru dans « Verwarming en Ventilatie », février 1948.

Tableau III. — Les grandeurs des registres.

Hauteur du conduit en m H	10 ⁻⁴ puissance maximum de la chaudière 10 ⁻⁴ × Q ₁ kcal/h													
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10	20	50
5	20	20	22	28	34	45								
6	20	20	20	25	30	40								
7	20	20	20	24	28	38	48	57						
8	20	20	20	22	27	35	45	53						
9	20	20	20	21	25	33	42	50	58	67				
10	20	20	20	20	24	32	40	48	55	64				
11	20	20	20	20	23	30	38	45	53	60				
12	20	20	20	20	22	29	36	43	51	58	65	72		
13			20	20	21	28	36	42	49	56	63	70		
14			20	20	20	27	34	40	47	54	60	67		
15			20	20	20	26	33	39	45	52	58	65	129	
16					20	25	32	38	44	50	57	63	125	
17					20	25	31	37	43	48	55	61	122	
18					20	24	30	36	42	47	53	59	118	295
19							29	35	40	46	52	57	115	286
20							28	34	39	45	50	56	112	280
25									35	40	45	50	100	250
30									32	37	41	46	92	228
35											38	42	85	212
40											36	40	79	198
45													75	186
50													70	177

Dans ce projet de réglementation des ouvertures minima de registres, f est en cm².

$$f = 25 \times 10^{-4} \times \frac{Q_1}{\sqrt{H}} \text{ cm}^2.$$

L'ouverture minimum admise est $f = 20 \text{ cm}^2$.

Évacuation des fumées.

A la demande de l'Institut National Danois de Recherche du Bâtiment, la soufflerie de l'Université Technique Danoise a réalisé, sous la direction de Martin Jensen, un certain nombre d'expériences sur maquettes portant sur l'évacuation des fumées.

Le but de ces expériences était d'établir des règles pour le débouché supérieur des conduits de fumées dans les grandes installations de chauffage des zones résidentielles, de façon à maintenir la concentration de la fumée autour des habitations à des valeurs suffisamment faibles.

Des recherches furent entreprises sous forme d'essais sur maquettes en soufflerie. La soufflerie utilisée est du type à circulation ouverte (type Laboratoire National de Physique) d'une section de 60 × 60 cm et d'une longueur totale de 10 m.

La condition pour réaliser des expériences correctes avec des courants de fumées en soufflerie est que le courant d'air donne une turbulence égale à celle du vent. La turbulence du vent se répercute sur le profil de la vitesse du vent :

$$v(z) = \frac{v^*}{k} \log_e \frac{z}{z_0} \quad (5)$$

où $v(z)$ est la vitesse au niveau z ,

v^* la vitesse de frottement,

$k = 0,4$ la constante de Karman,

z_0 une longueur qui dépend de la rugosité.

La turbulence peut être caractérisée par la rugosité z_0 , qui augmente avec la rugosité réelle à la surface du sol. z_0 est déterminée en mesurant le profil de vitesse.

La condition idéale est que le rapport entre z_0 réelle et z_0 en soufflerie soit égal à l'échelle de la maquette.

On fait varier les conditions de turbulence en soufflerie en revêtant le sol du tunnel avec différents revêtements rugueux (différentes valeurs de z_0), par exemple : papier ondulé, pierres concassées, maquettes de constructions.

Il est absolument essentiel que les essais sur maquettes soient effectués avec une turbulence correcte. L'aspect du panache de fumées dépend de la turbulence de l'air, plus la turbulence est forte, plus le panache est large, comme on peut le voir sur la figure 10.

Le paramètre de la surface parabolique enveloppant le panache de fumées s'échappant d'un conduit élevé et isolé ne peut servir qu'à caractériser la turbulence. On a dû établir une relation entre le paramètre z_0 et z , la hauteur au-dessus du sol. Cette question a été étudiée en soufflerie et dans la réalité pour z_0 variant de 0,001 cm à 4-6 m (ce dernier étant la rugosité valable pour le vent au-dessus de Copenhague, mesurée dans un clocher d'église particulièrement élevé).

On a étudié également le rabattement des fumées de conduits placés sous le vent.

Ce rabattement dépend de trois facteurs :

1. La forme extérieure du conduit;
2. La vitesse relative des fumées:

$$w = \frac{v_r}{v_0}$$

où v_r est la vitesse des fumées, et

v_0 la vitesse du vent à l'ouverture du conduit.

3. La turbulence de l'air.

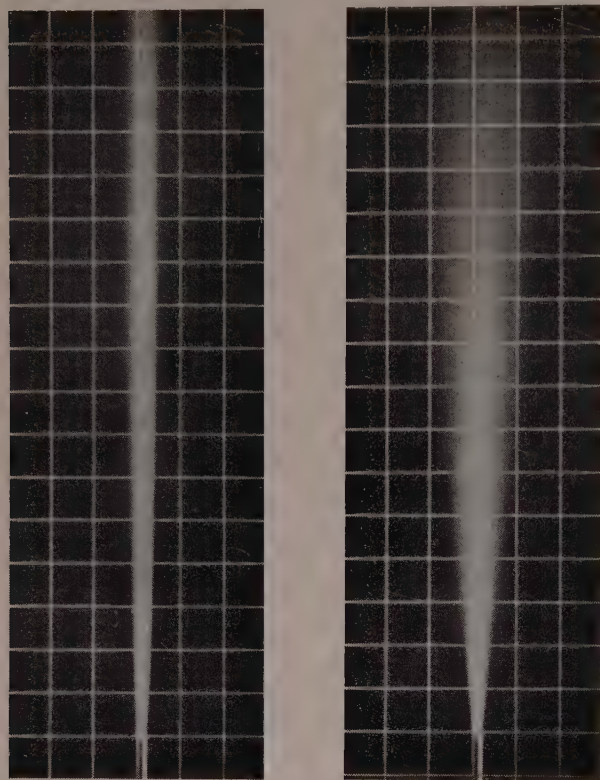


Fig. 10. — Panache de fumées en soufflerie; air peu turbulent (à gauche) et air très turbulent (à droite).

On a trouvé que le rabattement des fumées est plus important derrière de larges conduits rectangulaires.

Pour des valeurs décroissantes de w , le rabattement augmente (fig. 11), c'est-à-dire que la vitesse des fumées à l'ouverture doit être élevée, et pour une turbulence décroissante, le rabattement devient plus important.

Pour un conduit se terminant dans un courant d'air non troublé, la hauteur h du panache de fumées au-dessus de la sur-

face dépend de la vitesse w dans le conduit. Il est par conséquent possible d'élever le panache de fumées en augmentant w .

L'augmentation de la hauteur du conduit, correspondant à un accroissement de w , peut être déterminée expérimentalement. Différentes expériences ont été entreprises avec plusieurs maquettes de maisons, à conduits intérieurs ou détachés; on a pu faire certaines observations et prendre des photographies concernant les fumées pour plusieurs hauteurs et plusieurs emplacements des conduits par rapport à la zone construite.

Ces expériences ont été réalisées en grande partie pour une turbulence de soufflerie équivalente à la turbulence de la zone construite dans la banlieue de Copenhague avec des immeubles à trois étages. La figure 12 illustre quelques exemples des fumées obtenues avec un conduit haut et avec un conduit peu élevé.

En vue d'obtenir des indications quantitatives concernant la distribution des fumées autour des maquettes, le Laboratoire s'est efforcé de mettre au point une méthode de mesure des concentrations de fumées au-dessus des bâtiments.

A la place de la fumée, on dégage des quantités connues de gaz carbonique pur (CO_2). A l'endroit de la maquette où l'on désire mesurer la concentration, on aspire de l'air. Cet air passe dans un barboteur à $\text{Ba}(\text{OH})_2$ et on peut déterminer la teneur en gaz carbonique de l'air.

Dans les fumées qui s'échappent d'un conduit ordinaire, le gaz sulfureux (SO_2) est l'un des composants les plus dangereux, et lorsqu'on connaît les concentrations normales en gaz sulfureux de l'air, on peut, en se fondant sur les mesures effectuées sur maquettes, déterminer la hauteur du conduit qui correspond aux plus faibles concentrations dans les zones construites réelles.

Le compte rendu de ces expériences n'est pas encore terminé. En conclusion, il conduira à réclamer, pour les immeubles d'habitations équipés d'installations de chauffage importantes, des conduits de fumées plus hauts que ceux qui sont construits actuellement, et un emplacement judicieux de ces conduits. Dans la majorité des cas, la hauteur d'un conduit peut rarement être choisie inférieure à une fois et demie, deux fois la hauteur des bâtiments voisins, choix qui dépend dans une large mesure de l'emplacement du conduit et de la structure des bâtiments.

Le résultat le plus important de ces expériences est que le Laboratoire a mis ainsi au point une méthode qui permet, pour un projet de construction donné, de déterminer la hauteur nécessaire de la cheminée et son emplacement le plus adéquat.

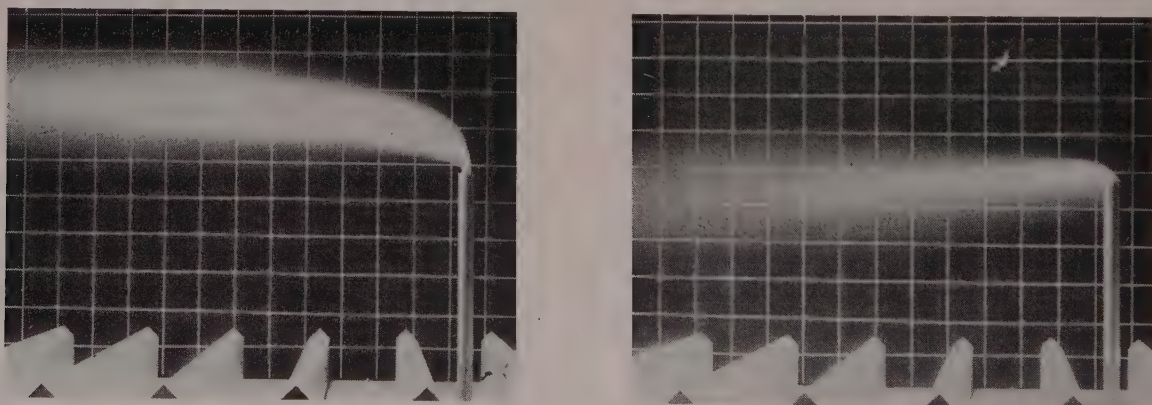


Fig. 11. — A gauche, distribution des fumées d'un conduit isolé en soufflerie, $w = \frac{v_r}{v_o} = 4,0$ (v_r est la vitesse des fumées, v_o la vitesse du vent). A droite, distribution des fumées pour le même conduit, mais avec $w = 1,0$; la fumée est rabattue derrière le conduit, et le panache est plus bas.

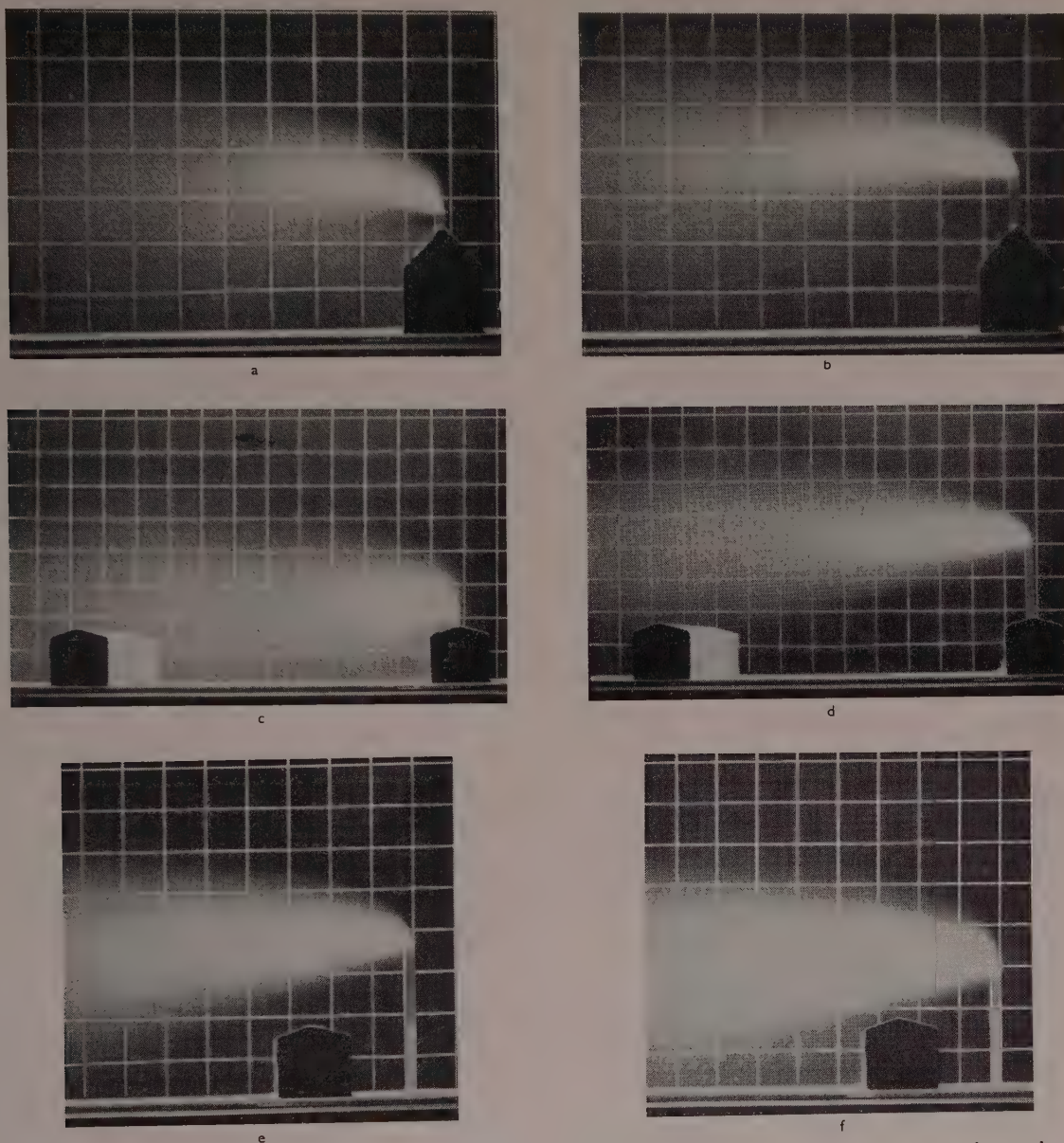


Fig. 12. — Distribution des fumées sur maquettes. Les photographies furent prises avec une longue durée de pose, le panache indique donc la surface atteinte par les fumées au bout d'un certain temps. Les maquettes correspondent à des immeubles à trois étages et la turbulence de l'air en soufflerie équivaut à celle de l'air au-dessus d'une zone construite de banlieue. L'importance de la hauteur des conduits de fumées apparaît immédiatement. En posant $m = \frac{s}{h}$ (s étant la hauteur jusqu'à l'ouverture du conduit et h la hauteur de l'immeuble) on a : pour a : $m = 1,2$ pour b : $m = 1,6$ pour c : $m = 1,2$ pour d : $m = 2,5$ pour e : $m = 1,8$ pour f : $m = 2,2$. Dans les cas a, b, c, et d, le conduit de fumées est en position centrale dans l'immeuble; dans les cas e et f, le conduit séparé est placé à côté de l'immeuble. Pour toutes les photographies, la vitesse des fumées dans le conduit est la même, $w = 1,0$.

M. le Président Roubaud. — Monsieur Becher, qu'il me soit permis de vous remercier vivement pour votre exposé très intéressant et très clair, qui a donné à nos confrères des idées nouvelles et leur a permis de voir que dans les pays voisins de la France les problèmes de conduits de fumées sont d'actualité, que leurs méthodes de construction qui représentent aujourd'hui un marché énorme sont étudiées avec soin. Il faut penser à bien construire les conduits de fumée qui peuvent toujours être mis en service et doivent fonctionner actuellement sans que le locataire ou l'occupant ait à s'en soucier.

Monsieur Becher, encore merci de cet exposé. Je demanderai à l'assistance de réserver pour la fin de la matinée les questions qu'elle aura sans doute à poser à M. Becher.

Le programme prévoit maintenant une conférence de M. Claudon, Ingénieur des Travaux Publics et Ingénieur du Co. S. T. I. C.

Conduits de fumées

LES MATÉRIAUX DE CONDUITS DE FUMÉES

par M. A. CLAUDON

Ingénieur E.T.P. (Section Bâtiment)

Ingénieur au Comité Scientifique et Technique
de l'Industrie du Chauffage et de la Ventilation.

Depuis plusieurs années déjà, une évolution très nette s'est produite dans la technique et les doctrines relatives aux conduits de fumées. Les matériaux employés actuellement ont la réputation de ne pas réunir les qualités nécessaires pour donner satisfaction, plus particulièrement au point de vue de la tenue au feu et du choc thermique.

Diverses tentatives ont été faites, pour définir les conditions auxquelles doivent satisfaire les matériaux pour conduits de fumées — traditionnels et nouveaux — et à l'heure actuelle elles n'ont pas encore abouti.

C'est un tour d'horizon le plus complet possible, sur la situation et les possibilités actuelles que nous offrent les matériaux utilisés pour la construction des conduits de fumées, que nous allons entreprendre.

I. — FER, ACIER

Ces matériaux sont essentiellement employés en France pour le raccordement des appareils aux conduits de fumées, ou comme conduits extérieurs, mais dans certains pays étrangers, leur utilisation est beaucoup plus poussée. En effet leur emploi comme conduits de fumées est courant aux États-Unis surtout avec des chemisages réfractaires intérieurs de protection contre la corrosion.

En Suède différents systèmes ont été mis au point, mais ne sont appliqués, semble-t-il, qu'à petite échelle. L'un d'eux (fig. 1) utilise les tuyaux en acier de 4,5 mm d'épaisseur. Le

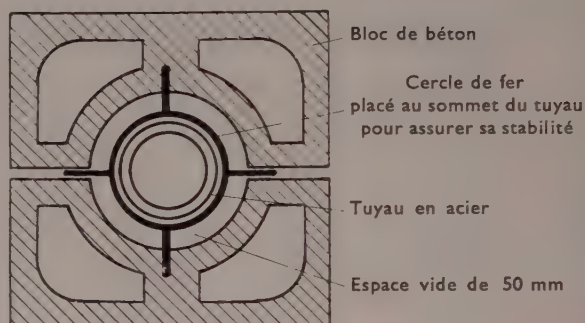


Fig. 1. — Conduit de fumée en acier avec blocs de béton (Suède).

conduit de fumées est monté comme en France par emboîtement et comporte à son sommet un cercle de fer ayant pour but d'assurer la stabilité. Des blocs de béton à vides d'air réunis deux à deux forment l'isolation de ce conduit.

Parfois, le montage est plus simple (fig. 2), et comporte en partant du centre un tuyau en acier de 3,75 mm d'épaisseur, une isolation de laine minérale de 70 mm d'épaisseur constituée par une sorte de tapis armé de fils de fer et en périphérie un manchon de 0,7 mm d'épaisseur. Ce tuyau est monté comme un conduit de fumées normal en France, il

RÉSUMÉ

La variété des matériaux utilisés pour les conduits de fumées est grande, et il est possible d'en trouver un (ou plusieurs) répondant à chaque cas particulier.

La tenue aux hautes températures, la résistance à la corrosion, les résistances mécaniques (traction, compression) peuvent être connues et doivent être complétées par la connaissance de la densité (identification du matériau), du coefficient de dilatation, des modules d'élasticité et de Poisson, de la chaleur spécifique et de la conductivité thermique pour la détermination précise des qualités des matériaux.

L'auteur donne un certain nombre de formes utilisées tant en France qu'à l'étranger, il souligne qu'il ne faut pas toujours incriminer en cas de déboires, le matériau, mais sa mise en œuvre qui a une importance capitale sur la longévité des conduits.

SUMMARY

There is a great variety of materials used for flues, and it is possible to find one (or several) of these materials which are suitable for each particular case.

The behaviour at high temperatures, the resistance to corrosion, the mechanical strenghts (tension, compression) can be known and must be completed by the knowledge of the density (identification of the material), of the coefficient of expansion, of the modulus of elasticity and of the modulus of Poisson, of the specific heat and of the thermal conductivity, for an exact determination of the characteristics of the materials.

The author gives some forms used in France and abroad, he stresses that it is not always the material which is at fault in case of damage, but its working, which is of prime importance for the long life of flues.

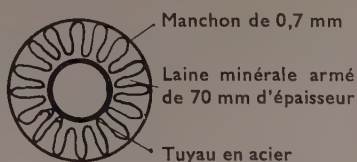


Fig. 2. — Conduits en acier avec isolation de laine minérale (Suède).

comporte, à sa sortie hors-combles, une isolation supplémentaire constituée, en principe, par un vide d'air entouré par une gaine métallique.

Il importe de remarquer que ces conduits de fumées sont en général utilisés pour de petits immeubles, soit villas ou immeubles collectifs de faible hauteur.

L'utilisation du fer et de l'acier n'est pas sans présenter un certain nombre d'inconvénients. De nombreuses expériences ont montré que la résistance de l'acier à la traction est fonction de la température. Cette résistance augmente d'abord jusqu'à un maximum obtenu pour 250 - 300°C, puis diminue ensuite rapidement. De sorte qu'à 550°C (valeur du début de l'incandescence), la résistance est environ moitié de celle obtenue à froid (fig. 3).

La limite d'élasticité et le module d'élasticité diminuent progressivement en fonction de cette augmentation de température.

L'échelle chromatique de l'acier en fonction de la température est la suivante :

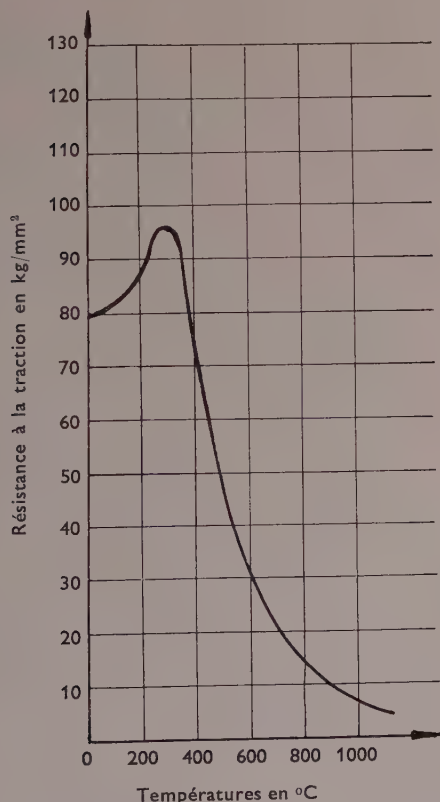


Fig. 3. — Variation de la résistance à la traction en fonction de la température (d'après A. Tosi).

vers 500°C — rouge naissant
 vers 700°C — rouge sombre
 vers 800°C — rouge
 vers 900°C — rouge cerise
 vers 1000°C — rouge cerise clair
 vers 1100°C — orange clair
 vers 1500°C — blanc éblouissant.

L'utilisation de ces indications est particulièrement intéressante dans le cas d'un tuyau de raccordement au foyer, la couleur rouge indique à l'utilisateur l'existence de températures de plus de 600 à 700°C, ce qui en général sont des températures excessives.

Il importe également de signaler l'inconvénient grave dû à la corrosion des conduits en fer et en acier.

Les divers facteurs qui influent sur la corrosion peuvent s'établir ainsi :

Facteurs dépendant du métal lui-même.

Ses différences de structure peuvent modifier ses qualités.

Sa composition chimique peut provoquer la formation de couples électrolytiques avec corrosion du métal le plus anodique.

Son état physique peut être plus ou moins stable (la trempe par exemple maintient l'homogénéité).

Son état de surface est également important.

Facteurs du milieu ambiant.

Les fumées acides sont des agents très actifs de corrosion.

Le brouillard et la pluie fine sont plus nocifs que les pluies abondantes car les éléments de corrosion empruntés à l'air, aux fumées, se concentrent par adsorption dans les vésicules de brouillard dont le contact se prolonge par suite des faibles vitesses de chute.

L'état hygrométrique et les condensations influent beaucoup la corrosion.

La conductibilité électrique peut avoir une action par les courants vagabonds.

Facteurs dépendant de la nature des contacts.

Des métaux différents ou de même nature à contact imparfait sont rapidement corrodés par formation de couples de contact.

Facteurs dépendant de la forme des pièces et des efforts appliqués.

Les angles rentrants sont difficiles à atteindre et à protéger, l'influence du rayon de courbure en un point peut favoriser la rapidité d'attaque, elle y est plus vive du fait de la concentration par adsorption des éléments corrodants, de l'hétérogénéité des milieux des fluides dans les endroits les moins accessibles — stagnation — elle peut favoriser la formation de couples par aération différentielle.

Il importe de remarquer que c'est par l'homogénéité que l'on réalise le mieux la résistance naturelle à la corrosion. L'hétérogénéité des tensions internes, l'hétérogénéité sous toutes ses formes : métal, milieu ambiant, ordre chimique, physico-chimique, mécanique, avivant la tendance à la corrosion.

D'une façon générale, c'est l'oxygène qui est l'élément destructif principal, les produits de réaction sont des composés oxydés. Si l'oxyde est poreux il n'y a pas de protection, si l'oxyde est compact, il peut y avoir protection.

En atmosphère sèche, la corrosion est faible, en atmosphère chargée de fumées sulfureuses et humides, la corrosion sera très forte.

La corrosion du fer n'est sensible que lorsque l'humidité dépasse 70 % et en atmosphère polluée. On voit ici, toute l'importance du problème des condensations qu'il faut éviter à tout prix.

D'autre part, il faut signaler qu'il y a une corrélation très étroite entre la corrosion de l'acier et la teneur en SO_3 des fumées.

Données numériques :

Masse volumique : 7 850 kg/m³ à 15°C

6 920 kg/m³ à 1550°C

la masse volumique diminue avec la trempe

Coefficient de dilatation linéaire : (valeur moyenne entre 0 et 100°C)

0,0000125.

Chaleur spécifique en kcal/kg :

0,115 entre 0 et 100°C

0,134 entre 0 et 500°C

0,180 entre 0 et 1100°C

Coefficient de conductivité thermique :

supérieur à 50 kcal/m h °C

Résistance à la traction : (voir fig. 3).

Température de fusion : 1300/1400°C.

Module d'élasticité à la traction :

$E = 20\ 000$ à $22\ 000$ kg/mm² à 20°C

18 000 kg/mm² à 400°C

13 500 kg/mm² à 600°C.

II. — FONTE

L'utilisation de la fonte pour les conduits de fumées est déjà ancienne. En effet, on trouve encore à Paris, à Melun (Seine-et-Marne) par exemple, des conduits en fonte encastrés dans les murs en meulière et datant de l'Empire. Il est difficile cependant d'en connaître le comportement, vu l'âge des bâtiments et le fait qu'en général, c'est toujours au cours de démolitions que l'on rencontre ces conduits.

Actuellement, l'usage de la fonte existe, en Suède notamment, pour des petits pavillons. Le conduit en fonte (fig. 4) de 5 mm d'épaisseur est monté verticalement au-dessus de la chaudière, il est entouré de laine minérale sur environ 60 mm d'épaisseur, cette laine minérale est armée d'un grillage pour sa bonne tenue. Le conduit avec son isolation est placé

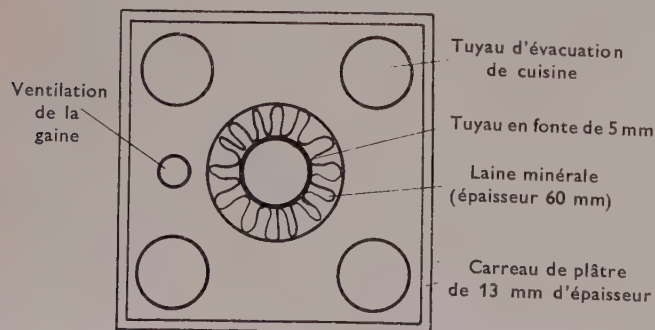


Fig. 4. — Conduit de fumée en fonte dans une gaine ventilée (Suède).

dans une gaine formée par des dalles de plâtre, à l'intérieur de laquelle on trouve également des tuyaux d'évacuation pour cuisines, ou d'aération pour certaines pièces. Cette gaine est toujours ventilée. La mise en œuvre du conduit se fait par emboîtement avec un mastic spécial résistant au feu.

Il ne semble pas que ce mode de construction présente d'inconvénient grave et sa résistance à la corrosion est satisfaisante; cependant, il faut signaler que la fonte est un matériau dur, mais fragile, elle est un peu plus résistante que le fer à la chaleur, mais sous l'action d'une brusque variation de température, en particulier sous l'action d'un jet d'eau, elle éclatera facilement.

Il existe un autre procédé d'utilisation de la fonte mis au point récemment en Suède également. Il s'agit d'un conduit de fumée préfabriqué (fig. 5) comportant un tuyau en fonte de 18 cm² de section totale, fabriqué sous forme d'éléments standards qui peuvent s'adapter à tous les types d'habitations

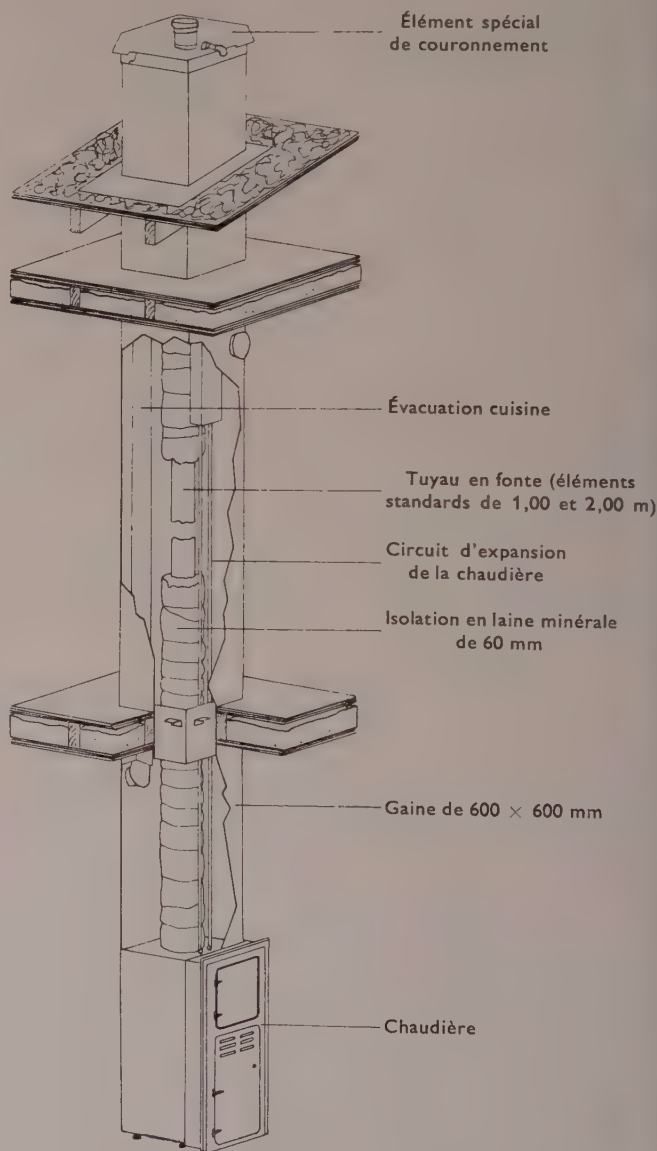


Fig. 5. — Conduit préfabriqué en fonte utilisé en Suède (d'après la revue V.V.S.).

et utilisés en particulier pour les usages domestiques. Les éléments ont une longueur de 1 à 2 m et sont fournis avec un manchon. Une pièce spéciale est prévue pour le sommet du conduit dont la hauteur hors combles peut être faite si on le demande en 1,50 m de longueur, cet élément étant prévu sans manchon et devant recevoir une isolation convenable et fonction de l'habitation. Ces tuyaux sont faciles à monter, ils ne sont pas pris dans la maçonnerie, mais sont isolés par 60 mm de laine minérale résistant jusqu'à 1 100° C. L'ensemble est placé dans une gaine de section 60 × 60 cm, le conduit est placé directement et monte verticalement au-dessus de la chaudière. Dans cette gaine on place également les conduits de ventilation, et le circuit d'expansion de la chaudière. Cette gaine est montée sur une charpente pour en permettre une visite facile. Les panneaux métalliques de revêtement pouvant être démontés sans inconvénients.

Données numériques :

Masse volumique : 7 250 kg/m³

Coefficient de dilatation linéaire (valeur moyenne entre 0 et 100° C :

0,0000100 à 20°C

0,0000098 à 500°C

Chaleur spécifique en kcal/kg :

0,130 entre 0 et 100°C

Coefficient de conductivité thermique :

48 kcal/mh°C à 0°C

46 kcal/mh°C à 200°C

42 kcal/mh°C à 1000°C

Résistance à la traction :

(fonte de bonne qualité)

20 kg/mm² à 20°C

19,8 kg/mm² à 300°C

15,2 kg/mm² à 500°C

10,4 kg/mm² à 570°C

Résistance à la compression :

60 kg/mm² à 20°C

Température de fusion :

fonte blanche : 1 130°C

fonte grise : 1 200°C

Limite d'élasticité à la traction :

6 à 8 kg/m².

III. — ACIERS SPÉCIAUX

Les aciers spéciaux peuvent se diviser en trois catégories principales : les aciers inoxydables, les aciers réfractaires, les cermet.

Les premiers aciers spéciaux utilisés ont été de l'acier au cuivre, le cuivre en effet, empêche ou tout au moins arrête l'oxydation. On a ensuite utilisé des additions de chrome (le chrome accroît la tenacité), mais d'une façon générale, dans ces aciers, les éléments d'addition étaient en faible quantité. On a été conduit à trouver des nuances plus chargées et par conséquent plus coûteuses, ce sont les aciers inoxydables.

Les aciers inoxydables sont des alliages d'un métal de base : le fer, qui n'est pas lui-même particulièrement résistant à la

corrosion. L'acier allié se protège superficiellement par un phénomène d'inhibition qui est dû à la formation sur le métal en contact avec l'humidité ou de l'eau, soit acide, soit alcaline, d'une couche parfois très mince d'hydroxyde plus ou moins isolante. Cette couche protectrice peut être en tout ou en partie rompue suivant le milieu réactif en présence. Ce qui a permis de déterminer quatre formes principales de corrosion (fig. 6).

— *Corrosion uniforme ou généralisée.* — La mise à nu du métal est complète.

— *Corrosion localisée avec extension progressive.* — Le dessin de ces corrosions est le plus souvent quelconque à l'extérieur.

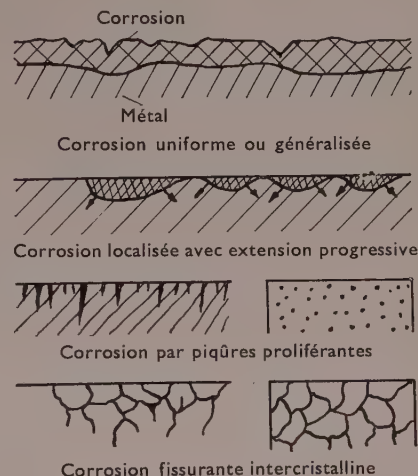


Fig. 6. — Formes de la corrosion des métaux (d'après M. Duriez).

— *Corrosions par piqûres proliférantes.* — C'est l'une des formes les plus insidieuses de la corrosion, elle résulte de ruptures locales accidentelles de la couche protectrice du métal.

— *Corrosions fissurantes intercrystallines.* — Cette corrosion provoque des ruptures fragiles, on peut cependant y remédier grâce à des additions stabilisantes, ou à des teneurs en carbone inférieures à 0,04 %.

Pour les aciers inoxydables, le film est transparent et d'une épaisseur ne dépassant pas quelques microns. Il est absolument invisible et n'agit que par son insolubilité dans l'eau et dans la plupart des autres liquides, par son imperméabilité également à la plupart des gaz. Certains auteurs pensent que ce film constitué principalement d'oxyde de chrome, est nourri continuellement par le chrome contenu dans l'acier inoxydable, si bien qu'en cas de rupture, il se répare de lui-même.

Rappelons que pour les phénomènes de corrosion, les états de surfaces ont une importance capitale, car c'est sur eux que s'exercent les effets électrochimiques qui constituent en définitive le phénomène de la corrosion.

Les tuyaux en acier inoxydable ne semblent pas actuellement utilisés en Europe ; ils s'emploient en Amérique du Nord, mais sur une échelle qui ne nous est pas connue.

Les aciers réfractaires. — Ce sont des aciers essentiellement capables de conserver à haute température, des qualités de tenacité suffisante pour leur permettre de résister aux sollicitations mécaniques. L'activité corrosive d'un milieu augmente rapidement avec sa température. Des milieux seule-

ment faiblement corrosifs à la température ambiante peuvent devenir très corrosifs à chaud, et pour être réfractaire, un acier doit nécessairement être résistant à la corrosion. D'une façon générale, les aciers réfractaires sont étroitement apparentés aux aciers inoxydables.

Il ne faut pas perdre de vue, cependant, la complexité des phénomènes de corrosion et que des variations infimes de compositions du milieu corrodant, ou des conditions d'utilisation peuvent affecter considérablement la tenue d'une nuance, de même les atmosphères sulfureuses oxydantes (contenant du SO_2) sont beaucoup moins nocives que les atmosphères sulfureuses réductrices (contenant de H_2S). D'une façon générale, on peut considérer que les aciers inoxydables hyper-trempés ont une bonne tenue dans les milieux oxydants, mais une tenue identique aux aciers ordinaires en milieux réducteurs. Pour les aciers inoxydables revenus, il faut signaler qu'ils sont sensibles à la corrosion intergranulaire.

Les cermeis. — On a cherché une solution pouvant être utilisée mécaniquement à haute température, présentant une stabilité structurale une dureté à chaud, une résistance au fluage, au choc thermique, au choc mécanique et à l'oxydation à haute température. C'est ainsi qu'en partant de la métallurgie des poudres, on a proposé des produits appelés cermeis (céramique + métal) composés par une ou plusieurs phases dures et réfractaires mais fragiles et une phase métallique ductile qui sert de liant. Son utilisation actuelle s'applique essentiellement aux turbos-réacteurs et aux moteurs fusées. Nous ne pensons pas que son utilisation ait encore été envisagée en raison de son prix pour les conduits de fumées.

Données numériques

Coefficient de dilatation linéaire de l'acier inoxydable :

0,0000115 à 20°C

0,0000147 à 500°C

Acier spécial au chrome-cuivre :

limite d'élasticité 36 kg/mm²

limite de rupture 54 à 64 kg/mm²

allongement de rupture 18 à 20 %

Aciers spéciaux extra-doux (très faible proportion de cuivre et de molybdène)

grande résistance à la corrosion

limite d'élasticité : 21 à 28 kg/mm²

limite de rupture : 34 à 38 kg/mm²

allongement de rupture : 30 à 40 %.

IV. — ALUMINIUM

L'aluminium est de plus en plus utilisé pour le raccordement des appareils à gaz aux conduits de fumées.

Il n'existe pas à notre connaissance de conduits de fumées totalement en aluminium. Mais lors d'un récent voyage en Autriche nous avons pu savoir que des essais dans ce sens sont en cours depuis quelques mois.

L'addition de 0,5 % de manganèse et de magnésium diminue la probabilité de formation de piqures.

Les propriétés mécaniques de l'aluminium sont altérées par les chocs. D'autre part la présence d'impuretés (cuivre, nickel, argent) élève l'élasticité sans affecter, ni la malléabilité, ni la densité. Un peu de phosphore accroît la densité, l'élasticité et la tenacité. La proportion optimum est de 0,1 %. Au point de vue de la corrosion, l'aluminium est inaltérable à l'air. Les acides et l'eau oxygénée ont peu d'action, mais les alcalis l'attaquent fortement. L'aluminium se pique par présence de chlorure et de carbonate, que l'on peut rencontrer dans

les eaux ou les sels de métaux lourds (plomb, fer, zinc, cuivre etc). L'attaque par les eaux ammoniacales est peu profonde, mais la soude en solution attaque très fortement l'aluminium à toute concentration et à toute température.

L'utilisation de l'aluminium ou du duralu a été envisagée dans la fabrication de conduits préfabriqués, mais il n'en existe encore que peu d'applications actuellement.

Données numériques :

Masse volumique : 2 500 à 2 700 kg/m³ à 20°C

Coefficient de dilatation linéaire (valeur moyenne entre 0 et 100°C)

0,0000240 à 20°C

0,0000311 à 500°C

Chaleur spécifique :

0,220 kcal/kg entre 0 et 100°C

0,250 kcal/kg entre 0 et 400°C

0,290 kcal/kg entre 0 et 600°C

Coefficient de conductivité thermique :

197 kcal/mh°C à 0, 100, 200°C

Résistance à la traction :

11,6 kg/mm² à 20°C

10 kg/mm² à 75°C

7,65 kg/mm² à 135°C

2,6 kg/mm² à 310°C

0,55 kg/mm² à 510°C

Module d'élasticité à la traction :

6 700 kg/mm²

Module de Poisson :

0,36

V. — LES PIERRES

Dans la plupart des cas on peut dire que les pierres naturelles ne sont pas résistantes à haute température. Les meilleures sont cependant les roches éruptives, par le fait même qu'au cours de leur formation, elles ont été déjà exposées à de hautes températures.

Les pierres calcaires, dont le principal constituant est le carbonate de chaux, se dilatent régulièrement à la chaleur, mais restent dilatées en permanence après réchauffements et refroidissements successifs. Tant que sa résistance n'est pas trop faible, la pierre calcaire est supérieure à la pierre siliceuse du point de vue de la tenue au feu, car l'orsqu'on la chauffe vers 700°C il se forme du CaO et du CO_2 qui absorbent une grande partie de la chaleur et les couches superficielles en se désagrégeant protègent les couches les plus profondes.

Les marnes qui ont une structure cristalline sont très fragiles et elles éclatent brutalement.

La silice présente divers états allotropiques, son coefficient de dilatation est relativement grand, et de plus, vers 600°C, elle subit un changement de son état cristallin accompagné d'une dilatation de 6 % environ de son volume d'origine. D'autre part la dilatation dans la direction du grand axe de cristallisation est seulement la moitié de celle de la direction de l'axe perpendiculaire à ce grand axe. C'est cette inégalité de la dilatation qui est le facteur principal de la désintégration des pierres naturelles ou artificielles contenant du quartz. Il existe plusieurs variétés de silices dont les points de transformation sont variables (115, 160, 225 et 1 000°C). Ces change-

ments d'états sont accompagnés de variations de volumes, qui exercent une action désagrégeante dans leur association avec divers éléments constituant les roches siliceuses.

Le *silex* se dilate plus fortement et plus rapidement que le quartz, ce qui le rend peu apte à résister au feu.

Les *granits* se désagrègent et se fissurent à une température peu élevée en raison de leur composition hétérogène, ceci à cause des différents coefficients de dilatation thermiques, et en raison de l'eau contenue dans les cristaux de feldspath.

Les *grès* sont des roches composées principalement de sable cimenté présentant une résistance au feu variable, en relation avec la nature de la substance cimentée. Leur comportement est cependant caractérisé par le fait qu'ils se désagrègent selon une face parallèle à celle exposée au feu et progressivement par couches successives et en général lentes. Il est cependant possible d'obtenir des cassures brutales comme pour les granits.

Les *ardoises* ne supportent pas la température et se fendent rapidement.

On voit ainsi, que l'utilisation des pierres naturelles comme matériaux pour conduits de fumées n'est pas possible sous cette forme; en général on les trouve dans les agrégats pour béton. Il faut cependant encore signaler les altérations de la plupart de ces pierres : la kaolinisation de certains granits et porphyres à l'air humide due à la décomposition du feldspath, l'altération de schiste sulfureux à l'air, la rouille de certains granits à l'air humide quand leur teneur en soufre est supérieure à 3 % (sulfure de fer), la dissolution à l'eau de certaines pierres telles que l'albâtre (sulfate de chaux).

La porosité d'une pierre décroît linéairement en fonction de sa densité, de sa capillarité suivant une parabole.

L'action de la chaleur sur les pierres et les agrégats de béton dépend de la conductivité thermique, de la chaleur spécifique (dans une mesure plus faible) et de l'eau incluse.

Données numériques :

Masse volumique :

ardoises	: 2 640 à 2 900 kg/m ³
argiles	: 2 000 à 2 300 kg/m ³
basaltes	: 2 800 à 3 000 kg/m ³
calcaires	: 1 800 à 2 800 kg/m ³
granits	: 2 500 à 3 000 kg/m ³
grès	: 2 200 à 2 500 kg/m ³
laves	: 2 800 à 3 000 kg/m ³
meulières	: 2 000 à 2 500 kg/m ³
porphyres	: 2 000 à 2 800 kg/m ³
silex	: 2 600 à 2 800 kg/m ³

Chaleur spécifique :

basaltes	: 0,200 kcal/kg
craies	: 0,214 kcal/kg
granits	: 0,200 kcal/kg
grès	: 0,180 kcal/kg

Coefficient de conductivité thermique :

calcaires moyens	: 1,17 kcal/mh°C
grès moyens	: 1,67 kcal/mh°C
gneiss	: 2,8 kcal/mh°C
granits	: 2,9 kcal/mh°C
porphyres	: 2,0 kcal/mh°C
basaltes	: 3,2 kcal/mh°C
silex	: 2,4 kcal/mh°C

ardoises	{ 1,5 kcal/mh°C perpendiculaire aux strates
	{ 2,4 kcal/mh°C parallèle aux strates

Résistance à la traction :

calcaires	: 5 à 10 kg/cm ² selon texture et compacité
granits, porphyres	: 20 à 100 kg/cm ²
en général	1/6 à 1/10 de la résistance à la compression

Résistance à la compression :

basaltes	: 1 035 à 2 920 kg/cm ²
calcaires ordinaires	: 70 à 200 kg/cm ²
calcaires oolithiques	: 80 à 450 kg/cm ²
susceptible de poli	: 750 à 1 870 kg/cm ²
granits	: 1 400/2 600 à 2 000/2 980 kg/cm ² selon la région
grès	: 607 à 2 980 kg/cm ²
meulières	: 45 à 1 000 kg/cm ²
porphyres	: 1 594 à 3 162 kg/cm ²
quartzites	: 2 000 à 3 600 kg/cm ²
tufs	: 35 à 60 kg/cm ²

Modules d'élasticité :

Températures en °C	Roches éruptives en kg/cm ²	Roches calcaires en kg/cm ²
0	151 000	140 000
260	63 000	53 000
400	35 000	25 000
540	15 000	13 000
680	9 000	7 000

VI. — TERRE CUITE

Le matériau le plus anciennement utilisé est la brique, obtenu par le mélange d'argile et d'eau que l'on malaxe, sèche et cuit dans un four à une température variant entre 800 et 1 000°C selon la qualité désirée.

L'emploi de la brique bien que sérieusement concurrencé en France, pour les conduits domestiques, par les boisseaux (terre cuite, béton... etc.) tient encore à l'étranger une place très importante.

Les *briques courantes*, sont constituées d'argile ordinaire (qui sont des silico-aluminates hydratés à l'état colloïdal). Toutes les argiles ne sont pas pures et contiennent des quantités variables d'autres produits, notamment des sels dérivés d'oxydes métalliques, qui modifient sensiblement leurs propriétés.

En général, on peut dire que les briques en raison de leur cuisson et de la température élevée qu'elles ont déjà supportée ont un bon comportement au feu. Mais, la qualité de l'argile et sa température de cuisson, sont deux facteurs importants.

Les *briques pleines* sont exemptes de calcaire (la présence de calcaire libérant de la chaux vive, est une cause de désagrégation). Si elles sont bien travaillées et convenablement cuites, elles résistent à la chaleur sans fondre, jusqu'à une température de l'ordre de 1 000°C.

Les *briques creuses*, si elles n'ont qu'une face exposée au feu, ce qui est le cas des conduits de fumées, se disloquent

à une température inférieure à 600°C en raison du déséquilibre dû aux tensions internes.

Les briques artificielles de ciment, scories, ponce... possèdent les caractéristiques des bétons correspondants.

La mise en œuvre des briques est variée, comme le montre les figures 7a et 7b. Le point faible des conduits en briques est le plus souvent la mauvaise qualité des joints.

Les qualités que doivent réunir les bonnes briques sont :

L'homogénéité dans toute la masse, l'absence de fissures et de défauts, la régularité de forme, la facilité de coupe et de taille, une porosité inférieure à 12 %, ne pas être gélives et avoir une dureté telle qu'elles puissent résister à une forte compression (200 kg/cm² pour les briques de premier choix et 80 kg/cm² pour les briques ordinaires).

Comme pour la terre cuite on reconnaît la mauvaise qualité à la couleur jaune rougeâtre et surtout au son sourd que rend le matériau à la percussion. Un matériau de mauvaise qualité

s'émiette sous les doigts, il se rompt facilement et absorbe l'eau avec avidité. Un matériau sec ordinaire absorbe environ 12 à 13 % d'eau. La terre cuite de bonne qualité rend un son clair à la percussion, elle est dure et a un grain fin et serré dans la cassure, elle est ordinairement d'un ton rougeâtre brun foncé, et présente quelquefois à la surface des parties vitrifiées.

En France la terre cuite représente un pourcentage important de la production des boisseaux, on la trouve sous la forme de boisseaux de sections carrées, ou rectangulaires d'une épaisseur de paroi variable de trois à cinq centimètres ou sous la forme ronde et sous le nom de ventouse, d'une épaisseur de paroi variant de 3 à 5 cm également.

On trouve également des boisseaux à doubles parois dont la forme extérieure est carrée et la forme intérieure peut être, soit carrée, soit ronde. Des recherches sur la forme des boisseaux sont actuellement en cours aux Laboratoires de la Terre Cuite.

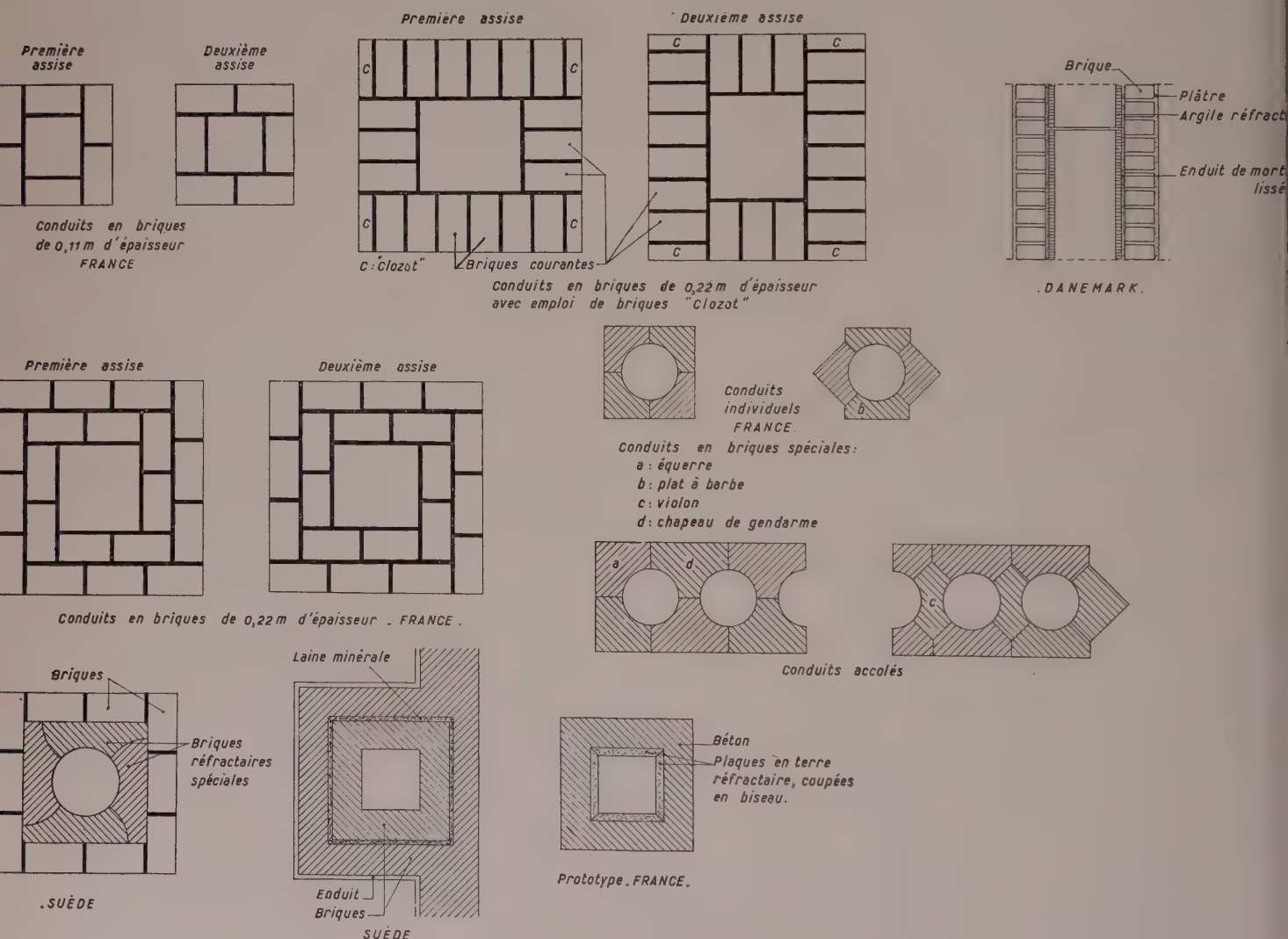
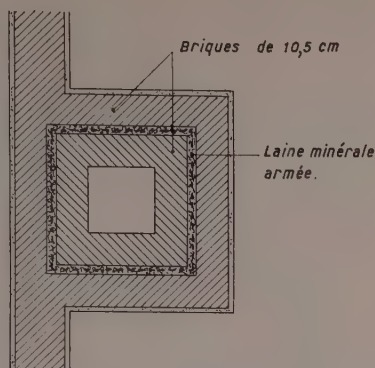
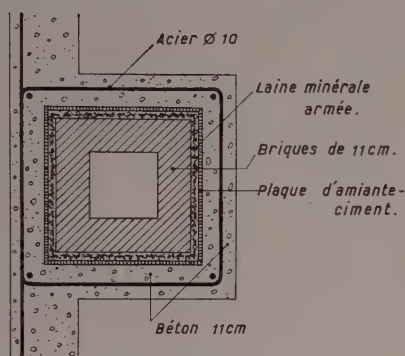


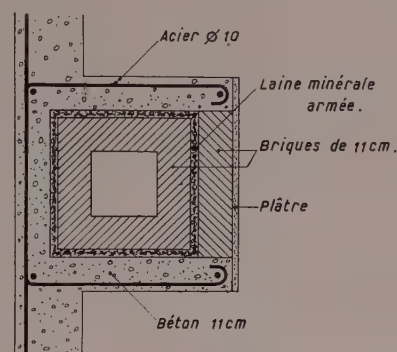
Fig. 7a. — Conduits de fumées en briques.



CONDUIT DE FUMÉE AVEC COUCHES DILATABLES DE BRIQUES AVEC PAREMENT DE BRIQUES ET ENDUIT EXTÉRIEUR.



Le dispositif de dilatation est monté lors du coulage du béton



Le dispositif de dilatation est placé après le coulage du béton.

Fig. 7b. — Conduits de fumées avec couches dilatables de briques entourés de béton sur trois ou quatre côtés.

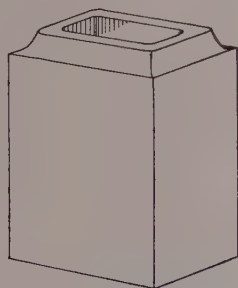
A l'étranger, la terre cuite est plus souvent utilisée comme tuyau intérieur avec un manchon, soit de béton, soit d'un matériau isolant quelconque. L'épaisseur est en général plus faible, mais descend rarement au-dessous de 1,5 cm (en Irlande).

Les figures 8 a et 8 b montrent un certain nombre de formes utilisées pour les conduits de fumées à base de terre cuite.

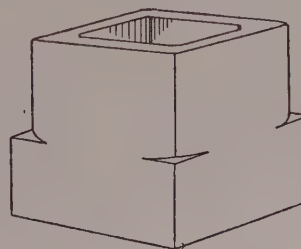
La terre cuite est un produit vitrifié dont la sensibilité aux chocs thermiques s'échelonne suivant les régions de 250 à 600 et même 700°C.

Des études ont été faites pour connaître le comportement des boisseaux de terre cuite, plus spécialement au feu. Il résulte de ces études que le facteur le plus important est la dilatation. Il importe en effet d'obtenir des produits à faible coefficient de dilatation, ce qui impose un choix de l'argile (éviter l'argile calcaire à fort coefficient de dilatation).

La température de cuisson doit être suffisamment basse pour ne pas transformer le sable en variété cristallographique à haute dilatation, une température de cuisson inférieure à

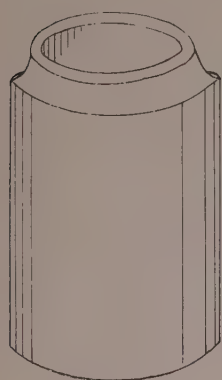


Boisseau à simple paroi (France)

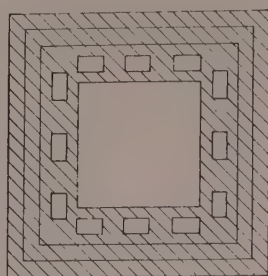


Wagons (France)

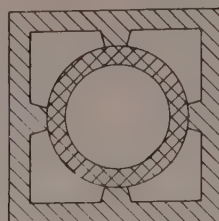
Fig. 8a. — Différentes utilisations de la terre cuite.



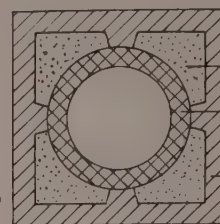
Ventouses (France)



Boisseaux à double paroi (France)

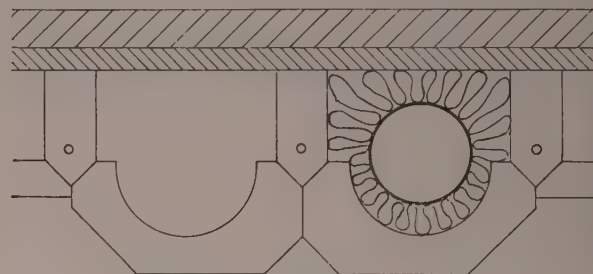


(Suisse)

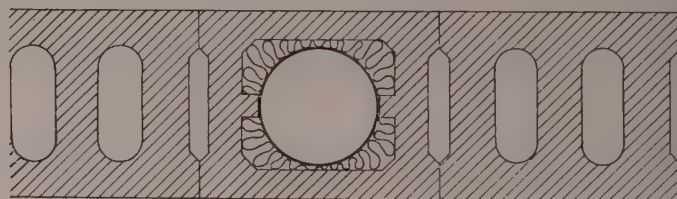


(Danemark)

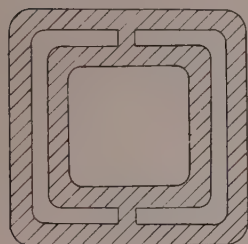
Isolant
Aggloméré
de chamotte
Béton



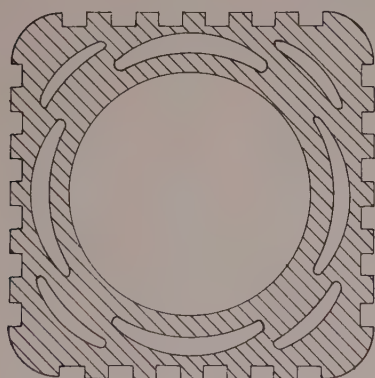
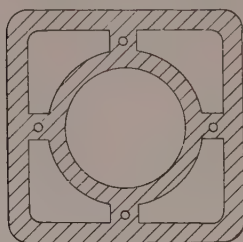
(Pays-Bas)



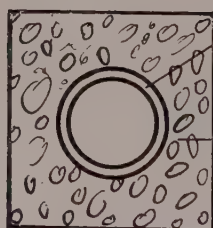
Conduit en poterie dans un bloc creux de béton (Pays-Bas)



Boisseaux spéciaux à espace vide (France)

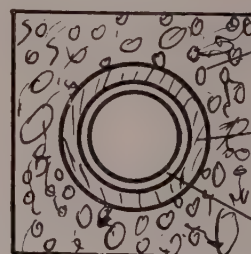


Boisseau en terre cuite (France)



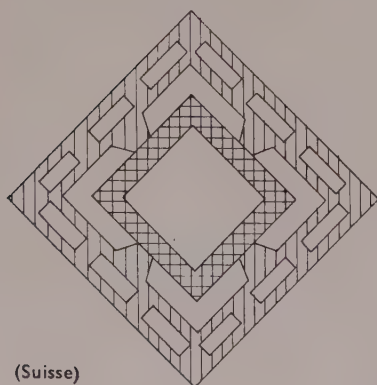
(Hollande)

Terre cuite
Béton
de hollith

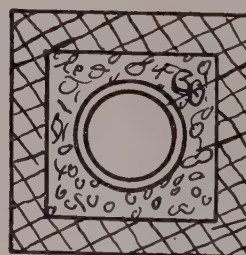


(Hollande)

Béton
de hollith
Laine
de roche
Terre cuite



(Suisse)



(Hollande)

Terre cuite
Béton
de hollith
Béton
de hollith

Fig. 8b. — Différentes utilisations de la terre cuite.



Fig. 8c. — Conduits préfabriqués de la hauteur d'un étage.

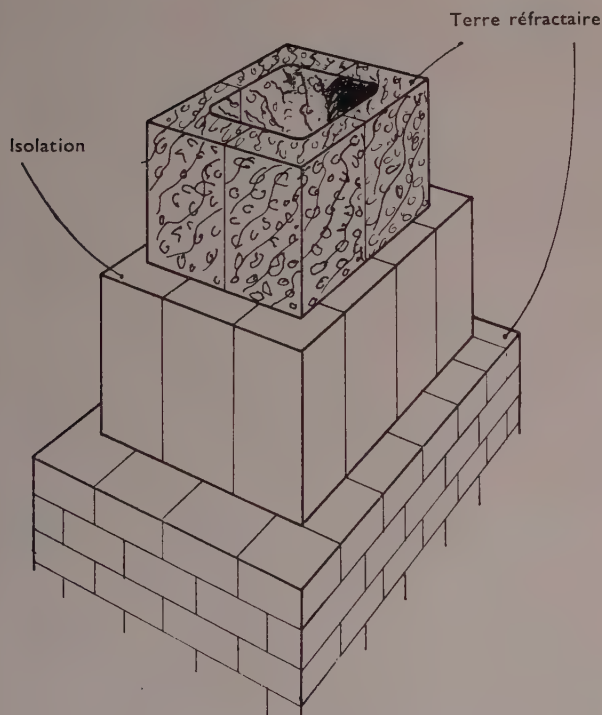


Fig. 8d. — Conduits de fumées à double paroi en blocs de terre réfractaire avec isolation intermédiaire (Italie).

1 000°C donnera des résultats satisfaisants, mais un essai simple en laboratoire permettra plus de précision.

La nature du dégraissant utilisé n'est pas indifférente et l'ajout de mâchefer ou de frésil ne doit pas être supérieur à

10 %. La présence de mâchefer a pour conséquence de créer à l'intérieur du conduit une atmosphère réductrice qui facilite les réactions de cuisson et rend plus facile par conséquent, la transformation du quartz en variété à haute dilatation.

Un point important est l'homogénéité du produit, il importe que la texture du produit ne soit pas différente en surface et au cœur sinon il en résulte des tensions supplémentaires lors de l'échauffement.

Cependant, il importe de remarquer que ces différentes considérations ne sont pas du ressort de l'usager, mais du fabricant.

Les résistances au feu et aux agents de corrosion placent les boisseaux dans des conditions de plus en plus sévères. En effet, l'utilisation du mazout et du gaz est maintenant chose courante, et les boisseaux doivent avoir une résistance polyvalente à tous les combustibles et aux agents corrosifs prenant naissance après leur combustion.

Il n'y a pas de relation entre la densité et la résistance d'un produit céramique, mais on a d'autant plus de chance que le produit soit meilleur, que sa densité et sa compacité sont plus fortes.

La porosité diminue en même temps que la résistance à l'écrasement augmente tant qu'il n'y a pas surcuisson. Une bonne terre cuite doit rester intacte et ne pas s'effriter d'une manière sensible sous l'effet de gels successifs. Comme pour la porosité, une bonne terre cuite est d'autant moins gélive qu'elle est plus résistante. On peut dire qu'une résistance élevée à la compression est l'indice d'une bonne résistance aux intempéries, mais le mode de fabrication influe. La terre cuite filée est plus compacte que la terre cuite à la presse; étant également plus dense, elle résiste mieux à la gelée.

Données numériques :

Masse volumique :

briques pleines : 1 800 à 2 200 kg/m³
briques creuses : 900 à 1 150 kg/m³

Coefficient de dilatation linéaire :

briques : 0,0000060 à 20°C
0,0000090 à 500°C
0,0000100 à 800°C

Chaleur spécifique :

briques mécaniques : 0,190 kcal/kg
briques rouges : 0,155 kcal/kg

Coefficient de conductivité thermique : (état sec)

briques légères : 0,15 à 0,28 kcal/mh°C
briques normales : 0,42 à 0,60 kcal/mh°C
murs en briques légères — intérieur : 0,24 à 0,43 kcal/mh°C
murs en briques légères — extérieur : 0,29 à 0,52 kcal/mh°C
murs en briques normales — intérieur : 0,54 à 0,74 kcal/mh°C
murs en briques normales — extérieur : 0,65 à 0,90 kcal/mh°C

Résistance à la traction :

briques : 60 à 120 kg/cm²

Résistance à la compression :

briques pleines : $\left\{ \begin{array}{ll} \text{premier choix} & 400 \text{ kg/cm}^2 \text{ et plus} \\ \text{moyennes} & 150 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{médiocres} & 40 \text{ à } 50 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right.$
briques creuses : 12 à 30 kg/cm²

Module d'élasticité :

briques : 90 000 à 140 000 kg/cm²
maçonneries de briques premier choix hourdées au
ciment : 150 000 kg/cm²
maçonneries de briques moyennes hourdées au
ciment : 50 000 kg/cm²

Le module est quatre fois plus faible avec les mortiers de chaux qu'avec les mortiers de ciment.

VII. — TERRES RÉFRACTAIRES

Les terres réfractaires sont utilisées soit pour la fabrication de briques dites réfractaires, soit pour la fabrication de boisseaux agglomérés.

La brique réfractaire doit non seulement résister aux températures élevées, mais ne pas prendre un retrait sensible, ne pas s'exfolier, et pouvoir supporter une pression assez considérable ; elle ne doit pas être perméable et doit résister à l'action corrosive des cendres et des gaz de la combustion.

Les briques de laitier sont fabriquées avec du laitier granulé et environ 150 kg de liant par mètre cube ; le liant étant soit de la chaux grasse, soit de la chaux au laitier, soit du ciment de laitier.

Les briques obtenues ainsi sont résistantes et ont un point de fusion supérieur à 1 250°C, elles peuvent être utilisées à haute température.

Les briques silicocalcaires sont obtenues par le mélange de 90 % de sable siliceux très fin à 10 % de chaux grasse ; ce mélange est comprimé à une pression variant de 60 à 30 kg/cm². On le soumet ensuite à l'action de la vapeur d'eau sous une pression de 10 kg pendant dix heures, il se forme du silicate de chaux.

Les briques silicocalcaires sont blanches, mais on peut les colorer avec des ocres, leur aspect est plus net que celui des briques céramiques. Le silicate monocalcique dont elles sont composées, est un produit très stable chimiquement, mais on reproche aux briques silicocalcaires d'être très poreuses. Il faut aussi éviter que ces briques ne soient trop lisses. Pour bien prendre le mortier elles ne doivent pas contenir de gros grains de chaux non éteinte qui les feraient éclater et fissurer à l'humidité.

Il existe d'autres variétés de briques réfractaires : les briques de silice qui se distinguent par leur grande résistance à l'écrasement, mais qui ne conviennent pas dans le cas des variations de températures fréquentes (marche discontinue ou mazout).

Les briques silico-alumineuses et alumineuses, qui contiennent de 40 à 45 % d'alumine, ont une résistance mécanique inférieure, mais elles supportent mieux les changements de régime.

Les briques à haute teneur en alumine résistent aux températures élevées et à la corrosion, tout en supportant des variations brusques de température.

Il existe enfin d'autres catégories de briques : les briques de carborundum et de magnésie qui offrent une résistance mécanique de 700 kg/cm² à froid, contre 150 à 350 pour les briques de silice ou silico-alumineuses, leur température de ramollissement est de 1 450°C.

Il importe cependant de signaler que les briques siliceuses sont attaquées par les scories et cendres basiques, mais résistent bien aux acides. Les briques de magnésie au contraire sont attaquées par les produits acides.

Pour le choix du matériau réfractaire il y a donc lieu de tenir compte du combustible employé.

Données numériques :

Masse volumique :

briques de laitier : 2 000 kg/m³
briques silico-calcaires : 2 100 kg/m³

Dilatation :

0,6 % à 1 000°C

Chaleur spécifique :

0,28 à 0,30 kcal/kg

La chaleur spécifique croît avec la température et augmente de 20 % pour 1 000°C

Coefficient de conductivité thermique :

0,11 à 0,23 kcal/mh°C à 250°C
0,14 à 0,28 kcal/mh°C à 500°C
0,17 à 0,33 kcal/mh°C à 750°C } selon la masse volumique.

Résistance à la compression : (valeur moyenne)

130 kg/cm²
briques de laitier : 150 à 180 kg/cm²

VIII. — VERMICULITE

La vermiculite est un matériau qui ne sert pas à faire directement des boisseaux pour conduits de fumées, mais dont le rôle essentiel est l'isolation. Parmi ses propriétés il faut signaler sa très grande légèreté, sa qualité de bon isolant thermique et phonique, son incombustibilité. Son point de fusion est à 1 370°C. D'autre part, c'est un matériau imputrescible qui conserve son efficacité même après avoir été mouillé ; il ne se désagrége pas. Il est chimiquement assez inerte. Son avantage le plus important est qu'il remplit définitivement et uniformément tous les espaces sans diminuer de volume avec le temps. Il peut être utilisé soit en vrac comme isolant, soit comme aggrégat de béton léger.

D'autre part, il n'est pas hygroscopique, il contient moins de 1 % d'eau dans une atmosphère à 79 %. Sa principale utilisation est le béton de vermiculite.

La vermiculite doit son nom au procédé même de fabrication. En effet, c'est un mica (silicate d'alumine hydratée) d'origine minérale, composé d'une infinité de couches stratifiées extrêmement minces. On le trouve en Afrique du Sud. Ce mica est réduit par broyage en particules très fines, puis soumis à une très forte température de l'ordre de 900 à 1 000°C. Il augmente de quinze fois son volume et l'eau emprisonnée se transforme en vapeur en faisant éclater les couches fluides ; sous cette dilatation les fibres se tordent comme du vermicelle, d'où le nom donné à ce mica expansé.

Données numériques :

Masse volumique :

70 à 120 kg/m³ (vermiculite expansée)

Coefficient de conductivité thermique : (état sec)

à 0°C 0,038 kcal/mh°C
à 100°C 0,050 kcal/mh°C
à 500°C 0,085 kcal/mh°C
à 1 000°C 0,120 kcal/mh°C

Température de fusion : 1 370°C

Résistance à la compression : 8 à 25 kg/cm²

IX. — AMIANTE

Les tuyaux en amiante-ciment se présentent sous trois formes (fig. 9) :

— de l'amiante-ciment seule sous la forme d'une canalisation carrée, rectangulaire ou cylindrique que l'on place généralement à l'extérieur, ce qui n'est pas sans inconvénient sur le fonctionnement du conduit.

— un autre procédé est constitué par une chemise intérieure en amiante-ciment de section rectangulaire à angles légèrement arrondis et enrobée dans un béton vibré formant isolation, permettant son emploi à l'intérieur des bâtiments d'habitation.

En principe pour l'amiante-ciment, on utilise des fibres de moyennes longueurs non fissables extraites de roches broyées et qui contiennent en moyenne 10 % d'amiante.

On réalise avec le ciment et l'amiante un véritable ciment armé très résistant à la traction et à la flexion, l'amiante adhérant parfaitement bien au ciment Portland.

La dureté de l'amiante-ciment est comparable à celle du bois de teck, mais sa perméabilité est à peu près nulle en raison de la petitesse des capillaires, qui une fois imbibés opposent une pression capillaire très forte à l'exclusion de l'eau qui s'y trouve incluse. La porosité est de l'ordre de 12 à 15 % en volume.

L'amiante-ciment est inaltérable à l'action des agents atmosphériques, mais il faut signaler que sa dilatation est suivie d'une contraction qui doit se faire librement. En effet, jusqu'à 500°C le fibrociment se dilate, puis se contracte en fonction de la température. Vers 500°C il se contracte, mais ne se dilate plus. Une fois que cette température est dépassée, il conserve une cohésion parfaite jusqu'à une température qui dépasse 1 100°C. Lorsque la température augmente jusqu'à 500°C l'allongement atteint est de 3 mm/m environ.

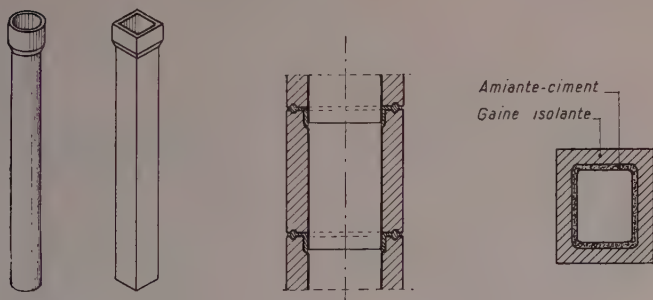


Fig. 9. — Différents modèles de conduits en amiante-ciment.

C'est un matériau qui présente une bonne imperméabilité au gaz, mais il possède un inconvénient, c'est la nécessité de ne l'employer que lorsqu'il est bien séché, sinon, il éclate facilement sous une pression interne provoquée par une élévation de la température et par la transformation en vapeur de l'eau qu'il contient. En outre, il est utile de rappeler qu'il supporte mal les brusques variations de température. Il s'en va alors en morceaux. Il faut signaler enfin, l'action du bistre qui tend à le désagréger très rapidement.

Sur la figure 10 on voit les dégradations d'un conduit rond en amiante-ciment, dues à une surchauffe accidentelle. Quelques millimètres de la paroi ont été brutalement projetés en même temps que l'on entendait une forte explosion.

Nous insisterons particulièrement sur le fait, que si l'amiante-ciment est mis en place avec une durée de séchage insuffi-



(Photo A. Claudon.)

Fig. 10. — Le conduit d'amiante-ciment est détérioré en surface.

sante et si on lui applique un enduit au plâtre, on provoquera un gonflement plus important que celui d'origine et un retrait également plus important. Ce qui risque de conduire à de graves dégradations.

Le stockage se fera toujours à plat et à l'abri des intempéries. Les boisseaux seront montés l'élément mâle dirigé vers le bas.

Données numériques.

— Masse volumique :

1 600 à 2 400 kg/m³

— Coefficient de dilatation linéaire :

0,0000085 entre 0 et 100°C

— Chaleur spécifique :

0,195 à 0,230 kcal/kg

— Coefficient de conductivité thermique :

0,50 kcal/m h °C

— Charge de rupture à la traction :

200 kg/cm² dans le sens longitudinal

— L'amiante-ciment reste élastique dans les limites de :

300 kg/cm² à la compression

100 kg/cm² à la traction.

— Module d'élasticité :

180 à 185 000 kg/cm² pour des compressions de 100 kg/cm².

X. — LAINES MINÉRALES

Les laines minérales sont essentiellement utilisées pour l'isolation des conduits de fumées. Leur emploi en France est très limité, mais il est courant à l'étranger.

C'est un matériau donnant une bonne isolation thermique, mais pour la laine de verre par exemple, la température maximum d'emploi est de 550°C.

Les fibres de verre sont en principe imputrescibles et incombustibles. Mais elles ont cependant un défaut : c'est de retenir une certaine quantité de vapeur d'eau condensée. Elles se présentent soit sous la forme de produits souples, matelas et feutres de laine de verre, soit sous la forme de coquilles rigides.

Il existe d'autre part des laines de roche qui sont fabriquées à partir de pierre de composition appropriée que l'on fond en une masse liquide, d'où l'on tire des fibres longues et minces qui se figent en une masse laineuse.

Données numériques.

— Masse volumique :

en vrac ou en matelas :	80 à 140 kg/m ³
en feutres	45 à 80 kg/m ³
cuits :	150 à 200 kg/m ³ .

— Coefficient de conductivité thermique :

0,035 à 0,045 kcal/m h °C

— Chaleur spécifique :

laine de verre : 0,16 kcal/kg

— Module d'élasticité :

7 000 kg/m²

— La température maximum d'emploi est de 550°C.

XI. — PLÂTRES ET BÉTON DE PLÂTRE

L'emploi du plâtre sous forme de conduits en pigeonnage est interdit à Paris.

Le pigeonnage était une espèce de cloison de 0,08 d'épaisseur en plâtre pur dressé au fur et à mesure avant la prise. La face apparente était enduite au plâtre fin.

Les conduits dits « moulés en plâtre » étaient encore plus dangereux.

À l'heure actuelle, le plâtre est essentiellement utilisé comme enduit pour obtenir les 7 cm d'épaisseur réglementaire.

Le plâtre a comme inconvénient de corroder le fer et l'acier, d'autant plus facilement qu'il contient de l'eau dans ses pores.

Le plâtre adhère mal au bois et aux agrégats lisses. D'autre part en raison de sa solubilité, le plâtre ne peut être utilisé pour les extérieurs, sauf s'il est revêtu d'un enduit imperméable. On peut trouver le plâtre sous plusieurs formes :

Soit sous la forme de stuc qui est du plâtre gâché avec de l'eau, et de la colle forte, de la gélatine, de la caséine ou de l'alun. Le plâtre aluné, s'il contient 35 % d'eau de gâchage a une résistance à la compression de 150 kg/cm² et à la traction de 40 kg/cm².

Une autre forme d'utilisation du plâtre est le staff qui est un plâtre armé avec de l'étoupe qui peut se clouer facilement et qui est moins fragile.

On le trouve aussi sous forme de placo-plâtre qui est un sandwich de plâtre compris entre deux feuilles de carton.

Enfin, il faut signaler le béton de plâtre, constitué par des gravillons sans sable et en particulier des gravillons de mâchefer qui adhèrent mieux. Le dosage de ce béton doit être de l'ordre de 350 kg de plâtre par mètre cube de béton. Si l'on force ce dosage, les résultats au point de vue de la résistance mécanique par exemple, n'en sont nullement améliorés. La résistance de ce béton à la compression est de 50 à 100 kg/cm² suivant la qualité du plâtre utilisé. Sa résistance à la traction varie de 5 à 10 kg/cm². Ces chiffres s'entendent pour des bétons de classe bien séchée et maintenus secs, sinon, la résistance à la compression varie de 5 à 15 kg/cm², et sa résistance à la traction est nulle.

Le plâtre présente une particularité qui lui est propre, il contient à l'état pur du sulfate de calcium combiné chimiquement avec deux molécules d'eau à l'état cristallisé. Si on le chauffe jusque vers 120°C, il perd d'abord cette eau par évaporation en absorbant une grande quantité de chaleur et en ne se dilatant que vers 100°C; après chauffage il peut récupérer cette eau et reprendre son état initial. La transmission de chaleur à travers le plâtre est par ce fait beaucoup plus lente qu'avec d'autres matériaux. Sa résistance varie en fonction de son état. Cependant, vers 180°C il se produit une désagrégation complète irréversible, et le plâtre chauffé à 700°C perd toute sa cohésion et devient pulvérulent.

Après une surchauffe accidentelle et de longue durée (un quart d'heure) en enduit il se décolle du matériau support (fig. 11).

Il existe, également, un enduit au plâtre de vermiculite. Sa mise en œuvre se fait comme pour l'enduit de plâtre ordinaire. Il présente les propriétés de mieux résister aux chocs et d'empêcher la fissuration. Son coefficient de conductivité est $\lambda = 0,11$. Il peut être appliqué à la truelle ou par projection au pistolet.

Données numériques.

— Masse volumique :

enduits plâtre : 600 à 1 200 kg/m³



(Photo A. Claudon.)

Fig. 11. — L'enduit plâtre s'est fissuré puis décollé.

— Chaleur spécifique :

0,20 à 0,30 kcal/kg

— Coefficient de conductivité thermique :

0,25 à 0,60 kcal/m h °C

— Résistance à la traction :

plâtre fin — 75 % d'eau de gâchage 15 kg/cm² à 28 jours
plâtre gros — 60 % d'eau de gâchage 12 kg/cm² à 28 jours

— Résistance à la compression :

60 % d'eau de gâchage 45 à 50 kg/cm²

— La porosité est élevée : 60 % en moyenne.

— Plâtre cellulaire :

— Masse volumique : 400 à 700 kg/m³

— Coefficient de conductivité thermique : 0,10 à 0,25 kcal/m h °C.

XII. — MORTIER DE CHAUX ET DE CIMENT

D'une façon générale, le mortier est utilisé comme enduit ou pour la confection des joints des conduits de fumées.

Le sable siliceux est meilleur, à tous points de vue, que celui contenant du calcaire.

Ce qui distingue les chaux des ciments, c'est le degré de cuisson et le procédé permettant d'obtenir le liant sous forme pulvérulente. D'une façon générale, les chaux sont cuites à une température inférieure à 1000°C et subissent une extinction. Les ciments sont calcinés à une température supérieure à 1000°C, et sont broyés.

Parmi les inconvénients à signaler relatifs aux chaux et ciments, il faut noter que :

— la chaux non éteinte s'éteint avec foisonnement. On y remédie par le silotage;

— la magnésie s'hydrate avec foisonnement (dix à quinze mois);

— le sulfate de chaux à faible dose (1 à 2 %) diminue la rapidité de prise des C.P.A. Si la dose est supérieure à 3 %, on a du sulfo-aluminate-tricalcique qui gonfle.

Les matières organiques nuisent à la résistance des ciments.

Les acides attaquent fortement les C.P.A. et H.R.I. et plus encore les ciments sursulfatés, mais très peu les ciments alumineux. Par contre, ce sont les gaz qui attaquent très fortement les ciments alumineux.

Les mâchefers qui contiennent de la chaux, de la magnésie et des sulfures, conviennent bien au béton de plâtre, mais présentent une certaine nocivité pour le béton armé.

Le superphosphate est très nocif.

Les pyrites de fer ou de cuivre sont également très nocives, par suite de la transformation du sulfure en sulfate en présence d'humidité et au contact de l'air.

L'action des nitrates est faible.

Le savon fixe la chaux et libère les alcalis qui sont très nocifs pour les ciments alumineux.

L'action des eaux a tendance à dissoudre la chaux des ciments et il est nécessaire, si l'eau a une action dissolvante sur la chaux ou si elle est légèrement acide d'employer un ciment qui n'en contient pas et n'en libère pas : les ciments pouzzolaniques, de laitier ou alumineux par exemple.

Les ciments sursulfatés sont très résistants aux eaux séléniteuses, mais peu résistants aux eaux acides, en particulier à l'acide sulfurique. Le ciment Portland subit la double action de l'acide et du sulfate de chaux.

Il semble que les ciments de laitier ou clinker sont préférables.

D'une façon générale, le constituant principal est le silicate tricalcique anhydre qui subit une décomposition chimique suivie d'une hydratation. Il y a une mise en liberté de chaux. Cette chaux peut être fixée par les ciments pouzzolaniques. Il importe, également, de signaler que pour les ciments alumineux, à prise lente, mais à durcissement extrêmement rapide, la prise est retardée par une élévation de température. Il faut environ une fois et demi à deux fois plus d'eau que pour les ciments Portland, mais une chaleur ambiante excessive peut provoquer des altérations profondes. Le retrait des ciments alumineux est un peu plus faible que celui des ciments Portland artificiels.

Si l'on prend les précautions suivantes :

— ne jamais utiliser les ciments alumineux si la température ambiante est supérieure à 25°C;

— ne pas employer d'agréats ou d'eau chauffés par le soleil;

— gâcher assez humide, mais sans excès et ne pas mélanger avec d'autres liants il n'y a pas d'ennui à craindre.

On reconnaîtra les altérations du ciment alumineux à son aspect. Si l'on a des teintes foncées, il s'est produit une hydralyse alcaline de l'aluminate de chaux contenue dans les ciments, qui peut être due à l'emploi de sable granitique.

Si la coloration du béton est anormale ou s'il y a une absence de durcissement, elle peut être due à un échauffement excessif au début de la prise sous l'influence du soleil, de l'eau ou du béton lui-même.

Enfin, s'il y a décomposition du ciment alumineux, elle est due en général à une instabilité de composition de sa structure interne.

Les ciments expansifs et ciments sans retrait, sont très sensibles à l'événement et doivent être livrés dans des sacs goudronnés. Étant surdosés en anhydride sulfurique, ils sont plus sensibles que les autres à la présence accidentelle de sulfates (sable et gravier contenant du gypse ou d'autres sulfates).

Si la température s'élève le phénomène d'expansion s'atténue et la résistance initiale s'accroît. Il ne faut pas les utiliser en saison trop froide.

D'une façon générale, on peut reconnaître les diverses catégories de ciments à leur couleur :

— les ciments alumineux sont gris-bleu très foncé;

— les ciments naturels de Vassy sont brun-rougeâtre;

— les ciments artificiels sont gris assez accusé;

— les ciments de laitier sont gris très clair.

Le retrait du ciment est fonction de l'état d'imbibition du matériau et de l'état hygrométrique ambiant (évaporation en surface, exode de l'eau capillaire) ainsi que de la température du matériau et de la température ambiante (influence sur la tension de vapeur).

Le retrait est d'autant plus grand que la proportion d'eau de gâchage est plus élevée et que le ciment est plus fin. On diminue ce retrait en maintenant le béton humide après la prise ou en mélangeant au ciment des poudres inertes (mais il y a risque d'abaissement des résistances mécaniques. L'addition de kieselguhr paraît seule favorable).

Au sujet de la dilatation, il importe de remarquer, que pour l'eau le coefficient de dilatation est de 200×10^{-6} et que pour le ciment à 20° ce coefficient de dilatation est de 30×10^{-6} .

Si la température s'élève, l'eau se dilate plus que le solide, on a une augmentation du volume relatif de l'eau, d'où un allongement de ce solide qui s'ajoute à sa dilatation thermique. Tout se passe comme si le ciment avait un coefficient de dilatation plus élevé. L'ordre de grandeur de l'augmentation est fonction de la quantité d'eau contenue dans le ciment, de la porosité de ce dernier et des communications des systèmes de pores et de capillaires entre eux. Cette quantité d'eau dans les ciments dépend de l'état hygrométrique ambiant. Le coefficient de dilatation thermique d'un béton est variable avec l'hygrométrie.

La dilatation thermique apparente du ciment se compose donc de la dilatation thermique vraie, augmentée d'une dilatation mécanique.

Il faut également tenir compte du coefficient de dilatation propre des agrégats variables suivant la nature de la pierre et de l'hygrométrie.

Mortier de chaux : Ce mortier qui est avide d'eau, a tendance à absorber celle de la maçonnerie.

Lorsqu'un mortier de chaux est exposé à la chaleur, le CaCO_3 se transforme en CaO et en CO_2 et le mortier perdant sa cohésion se craquelle.

Sous forme d'enduit, s'il se produit une diffusion de la température rapide, il subit une dilatation qui provoque son décollement du mur, ce gonflement étant accompagné d'une chute de poids.

Mortier de ciment : Il peut être utilisé pour les parties exposées aux intempéries.

Mortier bâtard : On peut utiliser un mortier constitué par :

Un volume de ciment ;

Un volume de plâtre ;

Trois ou quatre volumes de sable siliceux.

On a ainsi un mortier bâtard qui, par le plâtre qu'il contient, résiste bien au feu et par le ciment, atténue le défaut du plâtre de ne pas, après calcination, rester cohérent.

On peut également remplacer le sable par des scories de hauts fourneaux, de la ponce etc., et ainsi, en améliorer le comportement au feu. Le tableau suivant montre la diminution de la résistance à la compression et à la traction de deux mortiers constitués par deux agrégats différents, chauffés de 0 à 1 000°C en une heure, et refroidis à l'air.

Composition du mortier	Diminution de la résistance	
	à la compression	à la traction
Ciment + sable de rivière.	— 90 %	— 100 %
Ciment + scories de Hauts-fourneaux.	— 70 %	— 30 % par refroidissement brutal par l'eau : — 60 %

Données numériques.

— Masse volumique :

mortiers à la chaux ou au ciment :

1 600 à 2 200 kg/m³ (1800)

— Coefficient de dilatation linéaire :

0,0000118 entre 0 et 100°C

— Chaleur spécifique :

0,225 à 0,280 kcal/kg

— Coefficient de conductivité thermique :

0,55 à 1,20 kcal/m h °C (0,70)

— Résistance à la traction : (à titre d'indication, car ces chiffres sont variables en fonction du dosage.

Mortiers 1/3 ciment alumineux 30 à 65 kg/cm²

ciment Portland artificiel 45 à 55 kg/cm²

ciment Portland H.R.I. 40 à 55 kg/cm²

ciment de laitier 30 à 45 kg/cm²

XIII. — BÉTON NORMAL

L'utilisation du béton normal pour les conduits de fumées, se fait de deux manières. Soit sous la forme d'un béton vibré d'une composition déterminée, soit sous la forme de béton armé.

Diverses tentatives ont été faites à l'étranger, en particulier en Allemagne et en Hollande pour l'utilisation du béton armé.

Les formes utilisées pour la fabrication de boisseaux en béton sont très diverses, la figure 12 en donne différents modèles.

La figure 13 montre trois modèles de conduits du type « unitaire ».

La couleur d'un béton refroidi après chauffage, permet de connaître les températures qu'il a subies. En effet, la succession des couleurs du béton soumis au feu est la suivante :

— de 300 à 600°C rose ;

— de 600 à 900°C rouge virant au gris ;

— de 900 à 1200°C chamois

— supérieur à 1200°C....jaune.

Les premiers effets du feu consistent en fissures superficielles. Ces fissures s'élargissent proportionnellement à l'élévation de température, de sorte que la surface du métal tend à s'effriter. On a parallèlement en profondeur, une désagrégation générale du béton.

Récemment, au cours d'un essai où nous avons porté la température à l'intérieur du conduit de fumées à 1 000°C, en la maintenant pendant une heure et demie, nous avons pu constater que sous l'enduit en plâtre, le béton d'une épaisseur de 5 cm avait un aspect transparent. Une simple poussée avec une barre métallique permit alors de crever la paroi (fig. 14).

Les principales causes de destruction du béton sont dues à la perte des propriétés liantes du ciment et à la dilatation particulière des agrégats. Le chauffage du béton a pour effet jusqu'à 100°C de provoquer une augmentation de volume, puis, lorsque les 100°C sont dépassés, il cède son eau de gâchage. Si une telle température est maintenue pendant un certain temps, il se produit une diminution de volume qui devient égale et dépasse même la dilatation du début. Cette contraction continue à augmenter avec la température et s'accompagne de la perte de l'eau de constitution.

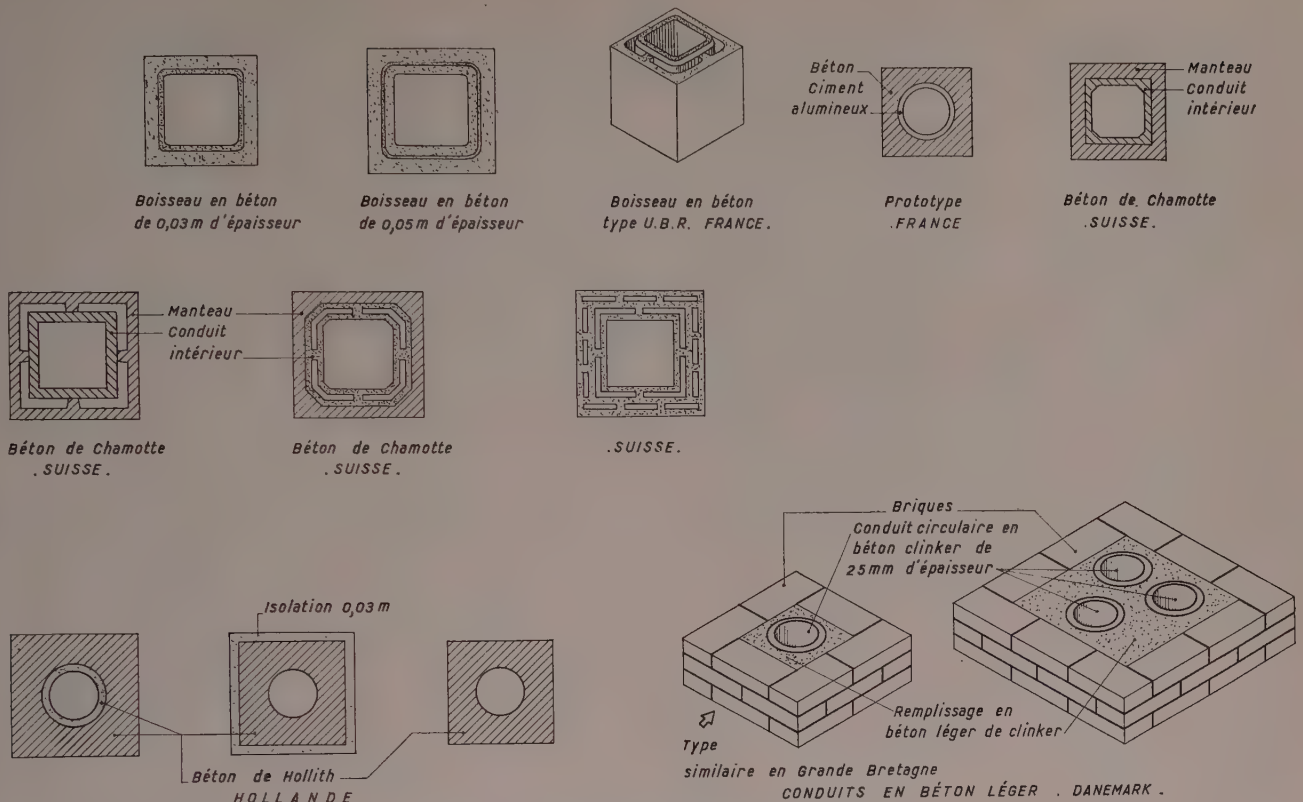


Fig. 12. — Différents modèles de conduits en béton.

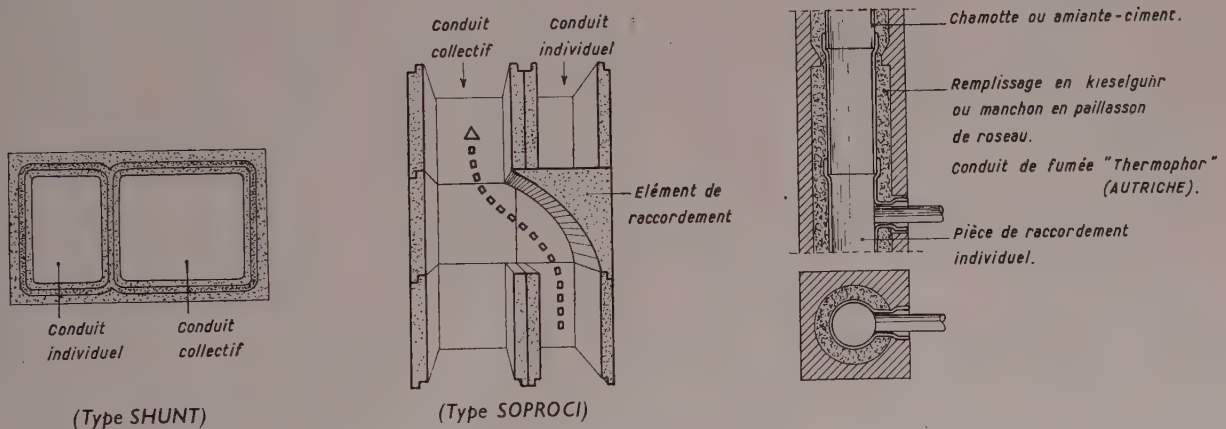


Fig. 13. — Conduits unitaires.

Au cours de son hydratation, le ciment libère une certaine quantité en général faible, de chaux, sous la forme d'hydrate de chaux, qui pour se stabiliser a besoin de la présence de CO_2 et forme alors du CaCO_3 . Si cette chaux libérée est en grande quantité, elle est la cause essentielle de la faiblesse du béton. En effet, on a une accentuation de la contraction vers 400-500°C par le fait même que l'hydrate de chaux qui se forme pendant l'hydratation du ciment et qui diffuse dans toute la masse, se déshydrate en formant de la chaux vive et en provoquant une chute de résistance devenant dangereuse et

pouvant être égale à 20 % de la résistance initiale après refroidissement. Au-dessus de cette température, la chute de la résistance ne fait que s'accroître et vers 900°C, le matériau peut être considéré comme détruit en raison de sa décomposition totale à cette température.

Les différents constituants du béton ont des coefficients de dilatation très variés. Les agrégats pour lesquels ces chiffres sont les plus élevés confèrent au béton les plus faibles résistances au feu. L'utilisation d'agrégats artificiels, produits de terre cuite ou mousse de laitier garantissent davantage les



(Photo A. Claudon.)

Fig. 14. — Sous l'action d'une faible poussée, le béton a été crevé.

bétons des effets de la chaleur, que les matériaux naturels, surtout si ces derniers sont siliceux comme le granit ou le quartzite.

Pour comprendre les phénomènes dus à la tenue au feu du béton, il est nécessaire de connaître les caractéristiques de comportement au feu des éléments le composant.

Nous avons vu précédemment le problème des ciments et nous examinerons maintenant les agrégats.

Le sable a une fonction essentielle dans la composition du béton : celle de remplir les vides laissés par le gravillon pour former une masse compacte homogène, ces vides sont fonction de la nature de la roche qui leur a donné naissance.

Les gravillons sont aussi de composition variée et fonction de la nature des roches dont ils proviennent. Leur qualité est importante, car ce sont eux qui donnent la résistance effective au feu du béton. Leur granulométrie n'est pas indifférente, car il est démontré que les produits constitués par des grains fins, résistent mieux à la chaleur, que ceux formés par des matériaux d'une grosseur supérieure. La résistance à la compression varie en fonction de la température. Pour un béton de gravillon, elle diminue d'abord très lentement jusque vers 500°C puis décroît plus rapidement et est à peu près à moitié vers 800°C. Pour un béton constitué avec des roches calcaires, elle décroît plus rapidement et sera sensiblement moitié de la résistance initiale vers 600°C. Il semble que la résistance à la compression du béton le plus stable est réalisée avec un béton constitué d'agrégats de basalte. Lorsque la température monte jusqu'à 300°C, la résistance est encore de 98 % de la résistance initiale. Vers 500°C elle est de 88 %, à 1 000°C elle est de 52 %, et à 1 200°C elle est encore de 28 %.

Mais il importe de ne pas perdre de vue l'influence de différents facteurs tels que : la qualité des ciments, la nature et la composition granulométrique du sable et du gravillon, les caractéristiques physiques et chimiques de l'eau, le gâchage le soin apporté dans la fabrication, le séchage et le degré d'humidité.

D'une façon générale, on peut affirmer qu'aux hautes températures la résistance du béton est d'autant meilleure que ces

composés se dilatent peu et possèdent un coefficient de conductivité thermique moyen, une grande résistance à la traction avec une composition granulométrique comportant des agrégats de dimensions les plus petites possible.

Le béton armé se comportera un peu différemment. En effet, une température supérieure à 550°C provoque un allongement important allant en s'accroissant jusque vers 800°C et met le béton armé en danger, si la protection de l'acier n'est pas suffisante. Cette dilatation de l'acier risque en effet de provoquer une sollicitation en traction du béton nettement supérieure à la limite admissible et ceci d'autant plus que jusque vers 100°C, le béton présente un coefficient de dilatation qui est sensiblement le même que celui de l'acier. Les deux matériaux peuvent sans inconvénient, supporter les variations de température, mais, si cette température s'élève au-delà de 100°C et si elle a une durée suffisamment longue, l'acier continue à s'allonger, alors que le béton subit une contraction ; ce qui contrarie le travail de solidarité des deux matériaux, et peut avoir des conséquences graves.

La destruction du béton se fait avec de forts craquements de la façon suivante :

- la transformation de l'eau contenue dans le béton en vapeur, qui parce que le béton est plus compact, ne peut pas se libérer facilement, comme cela se produit dans un béton poreux ;

- la mise en pression de l'air contenu dans le béton, quand celui-ci n'est pas suffisamment serré et les diverses tensions prenant naissance dans les différentes couches du béton et indépendantes des diverses températures qui sont atteintes en différents points ;

- l'effet de dilatation du fer de l'armature non suffisamment protégée par une épaisseur suffisante de béton.

La résistance à la compression commence par augmenter jusque vers 200°C, de près de 10 %, puis rediminue brutalement pour ne plus être que moitié vers 700 °C et pratiquement nulle à 1000°C.

Données numériques.

Masse volumique :

béton de gravillons : 1 600 kg/m³
maigre ou caverneux : 1 800 kg/m³
ordinaire non vibré : 2 000 kg/m³
ordinaire vibré : 2 200 à 2 400 kg/m³

Coefficient de dilatation linéaire :

0,000012 entre 0 et 100°C

Chaleur spécifique :

0,21 à 0,25 kcal/kg

Coefficient de conductivité thermique :

béton de gravillons normal : 0,54 à 0,63 kcal/m h °C
béton maigre ou caverneux : 0,68 à 0,80 kcal/m h °C
béton ordinaire non vibré : 0,85 à 1,00 kcal/m h °C
béton ordinaire vibré : 1,00 à 1,40 kcal/m h °C
béton armé : 1,20 à 1,40 kcal/m h °C.

Résistance à la compression, après chauffage et refroidissement à l'air (voir tableau ci-contre).

béton caverneux : 60 à 80 kg/cm²

Module d'élasticité :

1 000 à 3 000 kg/mm²

Températures	Béton normal		Béton armé
	de gravillons	de pierres calcaires	
0 °C	136 kg/cm ²	128 kg/cm ²	374 kg/cm ²
100	136	110	370
200	135	99	425
300	134	90	379
400	128	81	—
500	—	—	305
600	113	68	—
700	—	—	171
800	92	56	—
1 000	57	48	49
1 100	39	—	—

XIV. — BÉTONS RÉFRACTAIRES

Un béton composé de ciment Portland artificiel, de sable de rivière et de gravillons, garde ses qualités jusque vers 200/300 °C ; après, le liant perd ses qualités et devient pulvérulent.

Si on remplace le ciment Portland par du ciment alumineux fondu, on peut dépasser ces températures et atteindre 300°C, mais c'est alors l'agrégat qui se désagrège. Les éléments se fendillant et éclatant perdent leur cohésion.

En prenant du ciment fondu et des briques rouges concassées ou du laitier concassé, on élève encore cette limite et en utilisant comme agrégat de la brique silico-alumineuse ordinaire à 25/30 % d'alumine on peut atteindre des températures de 1200 à 1300°C.

Il faut cependant prendre comme précaution de n'employer que des noyaux sains à l'exclusion des parties vitrifiées, scorifiées ou souillées. Les dimensions de l'agrégat ne sont jamais supérieures à 30 mm.

Le domaine thermique d'utilisation des agrégats est :

- < 800°C briques rouges, roches banales, laitier, déchets réfractaires
- < 1000°C basalte, silico-alumineux ordinaire ;
- < 1200°C chamotte à 25/30 % ;
- 1300°C chamotte à 40/42 %.

Les ciments artificiels courants sont principalement composés de silicates (tricalciques et bicalciques) et d'aluminate tricalcique. Leur prise qui est le résultat d'une combinaison chimique entre ces constituants et l'eau de gâchage donne naissance à des composés hydratés : silicate monocalcique, aluminate tricalcique et chaux libre. Les ciments fondus ont pour constituant essentiel, l'aluminate monocalcique qui lors de la prise, donne naissance à des composés hydratés : aluminate dicalcique et alumine gélatineuse, qui sont plus inertes à de nombreux réactifs que les constituants des ciments artificiels ; ils ne libèrent pas de chaux.

Les bétons de ciment fondu résistent en général bien aux poussières de charbon, à l'attaque chimique des cendres provenant des foyers et à des températures élevées des fumées.

Des essais de résistances à chaud ont montré que l'on peut admettre que celles-ci sont jusqu'à 1000°C sensiblement égales aux résistances après chauffage et refroidissement, mais pour les résistances à la traction, il suffit d'une fissure

capillaire pour les réduire dans des proportions considérables. Ces résistances sont à peu près indépendantes de la durée de durcissement préalable, mais il faut réaliser une mise à feu progressive en chauffant jusqu'à 500°C et à raison de 50°C par heure environ, pour permettre l'évacuation de l'eau combinée au ciment, une évaporation rapide pouvant causer des fissures et l'éclatement du béton.

Les chamottes ayant des teneurs égales ou supérieures à 25 % d'alumine ont, après chauffage et refroidissement, des résistances à la compression, variant entre le 1/5 et le 1/4 de celles obtenues à froid, pour les briques il faut compter sur 1/6 à 1/5.

Pour les températures d'emploi des bétons réfractaires variant entre 500 et 1000°C, la résistance après chauffage et refroidissement doit être supérieure à 100 kg/cm², sinon il n'y a pas de cohésion et le béton sera poreux et d'aspect terreux.

Lorsque la température s'élève au-dessus de 1000°C les résistances mécaniques à chaud diminuent jusqu'à leur point de fusion, mais après refroidissement, elles augmentent et dépassent parfois les résistances initiales à froid, car il y a combinaison entre le ciment et l'agrégat. Signalons qu'un agrégat cuit ou une addition d'argile réfractaire crue sont néfastes.

Le point de fusion s'élève avec la réfractérité de l'agrégat et diminue quand le dosage en ciment augmente, mais il est imprudent de descendre le dosage du ciment au-dessous de 300 kg/m³. Les bétons réfractaires ne prennent pas de retrait au cours de leur prise, de leur durcissement et de leur séchage. Lorsque l'on élève progressivement la température, ils commencent à se dilater jusqu'à 200°C ; de 200 à 450°C on a une légère contraction, puis une nouvelle dilatation jusqu'à 800 à 900°C suivie d'une nouvelle contraction. La première de ces contractions correspond au départ de l'eau combinée, la deuxième à une modification non encore précisée entre alumine, silice et chaux de ciment.

Au cours du refroidissement, le béton se contracte suivant une courbe qui est réversible, elle donne l'allure de la dilatation et de la contraction lors des chauffages et refroidissements si l'on ne dépasse pas la température atteinte au chauffage précédent, mais si on dépasse cette température, la courbe de contraction sera décalée vers le bas.

Avec les briques et les chamottes silico-alumineuses, ces courbes sont toutes assez voisines, sauf quand on atteint des teneurs trop élevées en silice. Les dilatations deviennent alors irrégulières et de plus en plus élevées à cause de la présence de silice non combinée. Les agrégats mal cuits donnent naturellement des retraits considérables, ainsi que ceux qui sont souillés de soufre, cendres ou laitier (fig. 15).

La résistance aux variations de température est bonne. Des essais de laboratoires faits d'après la méthode allemande qui consistent à chauffer l'éprouvette (tubes de 5 cm de côté) à 950°C puis à la tremper dans l'eau froide, ont montré que selon la qualité du mortier le début de fissuration avait lieu pour un nombre de cycles chauffage-trempe variant entre 10 et 26 et pour la rupture entre 15 et 33, il résulte de cet essai que le dosage le plus favorable est celui de 500 kg/m³ et qu'il est nécessaire d'avoir une consistance plastique et non une consistance trop sèche ou trop fluide.

La densité et la porosité des bétons réfractaires varie naturellement avec le dosage, la quantité d'eau de gâchage et la nature de l'agrégat employé.

La porosité des bétons réfractaires plus faibles à froid que celle des briques, augmente après le chauffage ; cette augmentation de la porosité est due au départ de l'eau combinée au ciment, départ qui se fait avec seulement une très légère contraction. Ceci a pour conséquence de limiter l'emploi des bétons réfractaires à des températures assez basses,

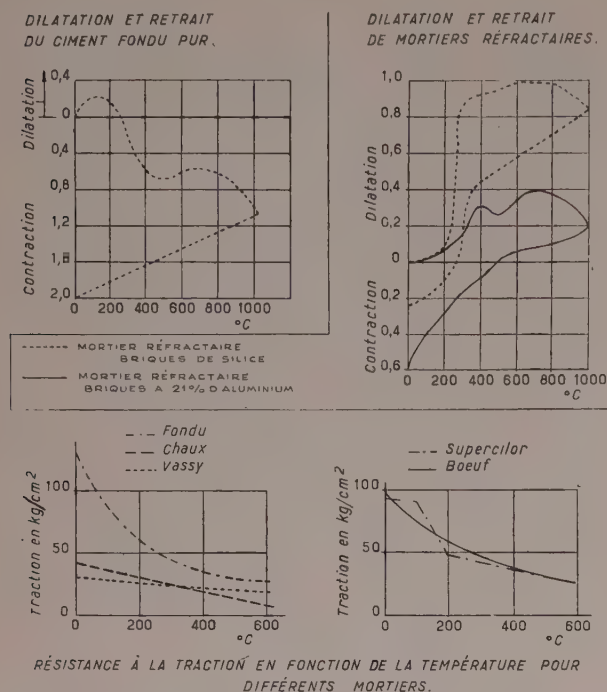


Fig. 18. — Dilatation et résistances mécaniques des agrégats, ciments et mortiers.

lorsqu'il y a des risques d'attaque par les cendres, mâchefer ou laitiers. Dans ces cas-là, on ne doit pas soumettre un béton réfractaire à des températures supérieures à 1000 ou 1100°C suivant la qualité de l'agrégat employé et le soin mis à la confection du béton.

La conductivité thermique des bétons réfractaires est, grâce à leur porosité plus élevée, un peu plus faible que celle des agrégats entrant dans leur composition.

Données numériques.

Masse volumique :

2 000 à 2 200 kg/m³

Dilatation et retrait :

la dilatation maximale est de 0,2 à 0,4 % entre 0 et 1000°C

et le retrait de : 0,4 à 0,6 % entre 0 et 1 000°C
1,0 à 1,5 % entre 1 000 et 1 300°C
3,0 à 4,0 % au-delà de 1 300°C.

Chaleur spécifique :

0,23 kcal/kg

Coefficient de conductivité thermique :

Ciment fondu et corindon :

1,3 kcal/m h °C à 20°C
1,8 kcal/m h °C à 500°C
2,2 kcal/m h °C à 1 000°C

Ciment fondu et chamotte 40/42 % :

0,8 kcal/m h °C à 20°C
1,0 kcal/m h °C à 1 000°C

Ciment fondu et vermiculite :

0,1 kcal/m h °C à 20°C
0,2 kcal/m h °C à 1 000°C

Résistance à la compression : (dosage 400 kg/m³)

520 kg/cm² à 20°C
306 kg/cm² à 800°C
225 kg/cm² à 1 000°C

Résistance à la traction : (dosage 400 kg/m³)

38 kg/cm² à 20°C
5 kg/cm² à 800 et 1 000°C

Résistance à la compression et la traction du ciment fondu pur :

	Compression	Traction
après 6 heures	400 kg/cm ²	15 kg/cm ²
24 heures	750	35
7 jours	900	40
28 jours	1 000	48

Agrégats spéciaux :

briques rouges : point de fusion 1 150 à 1 370°C

résistance à la compression :

130 à 480 kg/cm² à 20°C
50 à 160 kg/cm² à 800°C
40 à 90 kg/cm² à 1 000°C

laitier de Hauts fourneaux :

dilatation : 0,2 % entre 250 et 500°C
0,3 % entre 600 et 800°C

contraction : 0,7 % vers 900°C et après refroidissement de 1,8 %

XV. — BÉTONS D'AGRÉGATS LÉGERS

C'est dans cette catégorie que les bétons de mâchefer, pouzzolane, clinker, ponce, scorie, etc... trouvent leur place.

Le béton de mâchefer. C'est un béton économique qui a été utilisé pour les conduits de fumées pendant un certain temps, puis a été abandonné en raison des déboires dus à son emploi. Le mâchefer devant être sévèrement sélectionné, car la présence de magnésie et de chaux peut provoquer la rupture des pièces fabriquées avec un tel béton. Pendant son stockage, il faut éviter le contact des ordures ménagères, de matières organiques et de déchets divers. L'analyse du mâchefer ne doit pas révéler de chaux vive, ni des teneurs supérieures à 0,5 % pour les sulfures (en Allemagne 0,2 %), 1 % pour les sulfates si on veut éviter à la fois des efflorescences et la destruction du produit par expansion en raison de la formation avec le liant de sulfate double de chaux et d'aluminium (sel de Candlot ou cancer du ciment) et en moyenne 15 % pour les imbrûlés.

Dans un mâchefer tout venant et pour son emploi comme agrégat léger, il est indispensable d'éliminer tous les grains de moins de 7 mm. On utilisera les gros grains seuls, après broyage, triage et stockage, pour éliminer la chaux résiduelle.

Le béton de laitier expansé. Il s'agit d'un agrégat très répandu aux États-Unis et en Allemagne, et qui est encore assez peu utilisé en France.

« Le laitier expansé est une roche d'origine industrielle, résultant du traitement des laitiers de Hauts fourneaux, elle possède une texture scoriacée et alvéolaire, elle est essentiellement composée de silice 25 à 35 %, d'alumine 10 à 20 % et de chaux 38 à 50 %. »

L'analyse chimique doit révéler moins de 0,5 % de sulfure et moins de 1 % de sulfate.

Sa couleur est généralement grise plus ou moins foncée. Le grain de laitier éclaté diffère de celui de la ponce naturelle. En effet, après concassage, il n'est pas lisse, mais extrêmement rugueux, ce qui permet d'obtenir des résistances de béton supérieures à celles obtenues avec la ponce naturelle. Le laitier éclaté contrairement au mâchefer, ne contient en principe pas de sulfure ni d'imbrûlés.

L'agrégat de laitier est également exempt de tout composé organique, nuisible au béton.

Les bétons de cendres et résidus de crassiers divers. Ces agrégats légers obtenus par frittage concurrencent avantageusement en ce qui concerne la qualité des bétons obtenus, les autres agrégats légers ou artificiels en raison de la plus grande dureté des agrégats et de leur moindre porosité et perméabilité. Ils sont en particulier supérieurs à la ponce naturelle.

Il existe en particulier en Allemagne et dans les pays d'Europe Centrale, des bétons utilisant les décombres et les débris de terre cuite. Ces agrégats provenant directement des tuileries, briquetteries et de la récupération des décombres.

Le béton de pouzzolane. « La pouzzolane est une roche naturelle constituée par des scories volcaniques, elle possède une texture coriacée et alvéolaire qui est essentiellement composée de silice 43 à 55 %, d'alumine 12 à 24 % et d'oxyde ferrique 8 à 20 %.

L'analyse chimique doit révéler moins de 0,5 % de sulfure et moins de 1 % de sulfate.

Sa couleur est généralement noire ou rouge et exceptionnellement grise.

Une propriété importante du béton de pouzzolane est ce que l'on appelle l'action pouzzolanique. C'est-à-dire la possibilité latente en présence de chaux en milieu humide, d'une réaction de dilatation avec la silice qui compose la matière. Cette action pouzzolanique n'est pas systématiquement recherchée, mais il en résulte cependant qu'elle peut se manifester en particulier sur les fines entrant en composition.

Le béton de ponce. D'origine volcanique, les ponces et les pouzzolanes ne sont en rien comparables au point de vue de leur structure et de leur composition. La ponce est une matière feldspathique riche en silice et en alcalin à faible teneur en chaux et en magnésie. Elle est de structure cellulaire spongieuse due à des fibres bulleux parfois visibles à l'œil nu. C'est un matériau que l'on rencontre en France (en Auvergne) et en Allemagne (Eifel). Les gisements italiens des îles Lipari renferment des morceaux beaucoup plus gros. Il en existe également de très importants gisements dans les montagnes rocheuses (État de New Mexico). Au point de vue géologique, on estime que la ponce est une matière volcanique où sont intervenus l'étirement de la matière et un refroidissement extrêmement rapide. Au contraire, la pouzzolane est une scorie volcanique. À comparer avec le nom allemand « crasse de lave » ou « lave mousseuse ».

Dans les ponces, la légèreté provient des innombrables canaux et cellules qui s'entrecroisent dans la roche. L'aspect est rugueux, mais non vitrifié. La matière a été distendue sous l'effet d'une forte pression des gaz occlus. Il en résulte que la ponce est un agrégat plus poreux et de résistance à l'écrasement moindre que la pouzzolane qui est vitreuse ou scorifiée. C'est pourquoi aux États-Unis, on fait subir à la ponce naturelle, un traitement thermique qui consiste en une légère fusion super-

ficielle ayant pour but de boucher les pores et dont il résulte une légère augmentation de la masse volumique.

Il faut signaler qu'avec la ponce les risques d'attaque des ciments sont à peu près nuls.

Les bétons de schistes et d'argiles expansés. Les argiles et schistes constituent une excellente source de produits d'agrégats légers, car ils se prêtent remarquablement bien à l'expansion. Ces agrégats permettent d'atteindre des résistances analogues à celles des bétons de sable et de gravier. La supériorité de ces agrégats sur les autres vient de ce que après leur gonflement, ils ne sont pas refroidis rapidement et peuvent donner des agrégats de dimensions choisies, ce qui permet d'obtenir des produits réguliers exempts de trous d'épingle ou de communications de l'intérieur vers l'extérieur.

Les bétons de perlite. La perlite est un verre volcanique de composition analogue à l'obsidienne, mais d'éclat gras caractéristique et contenant 2 à 5 % d'eau combinée qui n'est pas éliminée par simple séchage, mais seulement à la température de ramollissement de la roche, provoquant une extension notable.

La perlite doit être exclusivement réservée à la confection d'éléments d'isolation, elle est à peu près inconnue en France.

Béton de vermiculite. La vermiculite exfoliée provient de minéraux à l'aspect micacé. C'est un alumino silicate de fer et de magnésie qu'on prendrait pour du mica. La vermiculite est inaltérable par les agents atmosphériques et ne peut donner asile aux parasites. Sa température d'expansion varie avec l'emploi envisagé, mais certaines vermiculites ne doivent pas être chauffées au-delà de 700 à 800°C. Pour des températures supérieures la vermiculite employée devra pouvoir être expansée totalement et jusqu'au voisinage de 1350°C limite de sa température de fusion sans être transformée en talc pulvérulent. Mal ou insuffisamment expansée, la vermiculite brise le liant dans lequel elle est incluse. Insuffisamment traitée, elle perd de son efficacité. Indépendamment de sa légèreté propre, elle présente deux particularités intéressantes : c'est son coefficient de conductivité thermique particulièrement faible, mais qui ne semble avoir de répercussion importante qu'avec des températures élevées et son élasticité.

Le béton de vermiculite est obtenu par le mélange direct des granulés de vermiculite et de ciment ; c'est un béton extrêmement léger, naturellement cellulaire, il se travaille comme un béton ordinaire, mais ne doit pas être vibré. Il résiste au gel ou au dégel sans désagrégation, son élasticité absorbe les efforts et les tensions dues aux variations de température, sans retrait, dilatation, craquellements, ni gondolage. Il sèche lentement et contient plus d'eau qu'un béton ordinaire, 40 % de l'eau est évaporée en sept jours et 50 % en quatorze jours, lorsqu'il est sec, il n'absorbe plus l'humidité atmosphérique.

Il existe d'autres bétons légers tels que le béton sans sable fin, le béton de clinker, le béton de scorie etc.

Il importe de signaler les possibilités d'addition de cendres volantes au béton, en particulier au béton de pouzzolane.

Parmi les principaux constituants des ciments Portland artificiels : les silicates tricalciques et bicalciques, se décomposent en présence d'eau et donnent des nitrates de chaux et un silicate monocalcique hydraté. Le silicate tricalcique donne au ciment ses propriétés de hautes résistances mécaniques et libère de la chaux.

Les cendres volantes, grâce à leur pourcentage élevé en silice active (vitreuse) peuvent se combiner à la chaux libérée lors de la prise du ciment, et donner un composé stable, insoluble : le silicate monocalcique.

Toutes les cendres ne conviennent pas, elles ne doivent pas être trop grosses, mais doivent avoir des propriétés pouzzo-

laniques ; si elles renferment un pourcentage élevé de Mgo ou d'imbrûlés, elles gonflent et ces éléments inertes risquent d'augmenter le retrait et de diminuer la résistance.

Parmi les avantages de l'utilisation des cendres volantes dans le béton, il faut signaler : la réduction du prix de revient, la diminution du ressuage et de la ségrégation, l'augmentation de l'imperméabilité, la netteté des surfaces de décoffrage.

Et les inconvénients à noter sont : une faible résistance initiale, mais supérieure après six mois de séchage par rapport à un béton normal, le problème d'assurer l'homogénéité des livraisons et enfin que les cendres trop grosses doivent être broyées et que les trop fines sont difficiles à manipuler.

Données numériques :

Masse volumique :

Bétons d'agréats légers :

vermiculite : 290 à 520 kg/m³
clinker : moins de 700 kg/m³
laitier expansé : 1 050 à 1 500 kg/m³
mâchefer : 1 100 à 1 500 kg/m³
pouzzolane : 1 200 à 1 400 kg/m³
ponce : 1 300 à 1 600 kg/m³
schiste : 1 400 kg/m³
scorie : 1 600 kg/m³

Coefficient de dilatation linéaire :

0,0000060 entre 0 et 100°C

pour le béton vermiculite : 0,0000072 à 0,0000096

Coefficient de conductivité thermique :

béton de ponce : 0,20 kcal/m h °C
de scorie : 0,20 kcal/m h °C
de laitier expansé : 0,19 à 0,27 kcal/m h °C
de pouzzolane : 0,14 à 0,26 kcal/m h °C
de vermiculite : 0,065 à 0,11 kcal/m h °C.

Résistance à la traction :

béton de pouzzolane : 3,7 à 6,7 kg/cm² à 28 jours

Résistance à la compression :

béton de mâchefer : 50 à 130 kg/cm²
de pouzzolane : 20 à 110 kg/cm²
de clinker : 70 kg/cm²
de schiste : 35 kg/cm²
de ponce : 35 à 115 kg/cm²
de scorie : 150 kg/cm²
de laitier expansé : 25 à 90 kg/cm²
de vermiculite : 7 à 21 kg/cm²

Charge de rupture :

béton : 1 ciment 3 ponce 86 kg/cm² à 28 jours
1,2 ciment 3 ponce 91 kg/cm²
1,4 ciment 3 ponce 118 kg/cm²

Température de fusion de la pouzzolane : 1 140°C

XVI. — BÉTONS CELLULAIRES (ou bétons à pores)

Les bétons cellulaires peuvent s'obtenir par différents procédés :

- par addition de charge poreuse à un mortier de ciment ;
- par réaction de la poudre d'aluminium.

Les ciments sous l'action de l'eau, libèrent de la chaux, et l'action de la chaux sur de l'aluminium très finement divisé donne un dégagement d'hydrogène, chaque paillette de métal composant la poudre, donne naissance à une alvéole qui est d'autant plus importante que la paillette d'aluminium est plus grosse. Le dosage en eau a une grande importance sur le produit obtenu.

— par auto-décomposition de chlorure de chaux avec l'oxygénée, il faut signaler dès maintenant que ce béton ne doit pas avoir une densité inférieure à 0,8 si l'on veut éviter de gros déboires ;

— par l'emploi de produits moussants, lesquels sont obtenus par une mousse artificielle que l'on stabilise avec un fixateur.

Les bétons cellulaires ayant une relativement faible conduction thermique pouvaient permettre de supposer qu'ils ont une bonne tenue au feu. Cependant des essais effectués en France par un fabricant, sur deux échantillons de densité respective : 0,76 et 1,075, de 5 cm d'épaisseur et exposés pendant deux heures à la flamme d'un bec Bunsen ont présenté de légères fissures du côté exposé à la flamme. Il semble que le volume gazeux enfermé dans le béton est soumis sous l'influence d'une grande chaleur à de fortes dilatations. Ces bétons pourront trouver leur utilisation dans une isolation thermique.

Signalons enfin, les *bétons cavernaux* ou bétons sans fines : ils ne comportent en effet qu'une seule zone de granulométrie, des agrégats gros.

La propriété la plus remarquable du béton cavernaux résulte de sa structure même : sa faible capillarité qui n'est que de 50 à 75 % de celle du béton plein. Il supporte bien les essais classiques de gelivité. Son coefficient de conduction thermique dépend *a priori* de la nature de l'agrégat utilisé, mais dans l'ensemble, il est légèrement inférieur à celui du béton plein lorsqu'il s'agit d'agrégat ordinaire, la valeur maximum est comparable à celle de la brique. Son emploi pour les conduits de fumées n'a guère été envisagé jusqu'ici.

Données numériques :

Masse volumique :

Béton cellulaire normal : sans agrégats spéciaux : de 400 à 1 400 kg/m³

Coefficient de dilatation linéaire :

0,0000011 à 0,0000015 entre 0 et 100°C

Coefficient de conductivité thermique :

béton cellulaire normal : 0,25 à 0,81 kcal/m h °C
à intégration d'air : 0,40 kcal/m h °C

Résistance à la compression :

ordinaire : 15 à 60 kg/cm²
à intégration d'air : 55 à 180 kg/cm²

Résistance à la traction :

1 à 4 kg/cm²

XVII. — PRODUITS VÉGÉTAUX

L'emploi du bois comme conduit de fumées a été utilisé dans certains pays en particulier en haute montagne. Il ne nous a malheureusement pas été possible d'avoir des renseignements plus précis, mais d'une façon générale, il ne semble pas que les incendies et les feux de cheminées aient été plus fréquents avec de tels conduits, qu'avec des conduits traditionnels, mais il s'agissait alors de foyers ouverts à relativement faibles températures de fumées.

On trouve essentiellement l'emploi des produits végétaux sous la forme de bétons légers à base de fibres de bois. Ces bétons se rencontrent sous la forme de bétons à la sciure de bois liés aux ciments Portland, bétons de bois liés aux ciments Portland (fibragglos), bétons de fibres de bois liés aux ciments magnésiens (héralith) et bétons à base de liège.

Les propriétés principales de ces bétons sont une faible densité et une très faible conductivité thermique qui croît du reste avec l'humidité du panneau. Ils sont difficilement inflammables, mais il faut signaler leur comportement à l'égard d'autres matériaux de construction, en particulier, il faut signaler qu'ils sont susceptibles d'attaquer le fer, car les ciments magnésiens ont l'inconvénient de ne pas protéger les fers contre l'oxydation, et de les attaquer en milieu humide.

En ce qui concerne les fibragglos à base de ciment magnésien, et les fibragglos au ciment Portland traités au chlorure de calcium, des erreurs de dosage sont susceptibles d'avoir de graves répercussions; le contrôle de la fabrication est une nécessité fondamentale.

D'une façon générale, ces bétons trouveront leur utilisation dans l'isolation thermique.

Données numériques.

Masse volumique :

peuplier, épicéa : 450 kg/m³
 sapin, cèdre : 500 kg/m³
 pin : 550 kg/m³
 chêne, hêtre, châtaignier : 600 à 900 kg/m³
 fibragglos (liant minéral) : 200 à 600 kg/m³

panneaux de fibre (liant organique) :

mous : 200 à 600 kg/m³
 mi-durs : 800 kg/m³
 durs : 1 000 à 1 100 kg/m³
 liège : 100 à 500 kg/m³

Coefficient de dilatation linéaire :

sapin : 0,0000030 entre 0 et 100°C

Chaleur spécifique :

sapain, pin : 0,65 kcal/kg
 chêne : 0,57 kcal/kg
 liège : 0,50 kcal/kg
 peuplier : 0,53 kcal/kg
 hêtre : 0,326 à 0,520 kcal/kg

Coefficient de conductivité thermique :

épicéa, peuplier (en moyenne) : 0,110 à 0,115 kcal/m h °C
 châtaignier, chêne, hêtre : 0,145 à 0,150 kcal/m h °C
 fibragglos : 0,055 à 0,11 kcal/m h °C
 panneaux de fibre : mous : 0,040 à 0,060 kcal/m h °C
 mi-durs : 0,09 kcal/m h °C
 durs : 0,13 kcal/m h °C
 panneaux végétaux : 0,035 à 0,040 kcal/m h °C
 liège : 0,035 à 0,065 kcal/m h °C

Température d'inflammation à l'air, elle varie avec les essences de bois de 300 à 400°C.

XVIII. — REVÊTEMENTS (métalliques, enduits intérieurs... etc.)

Les revêtements métalliques peuvent se faire de deux manières différentes : soit par un apport de métal, soit par revêtement en cermets.

L'apport de métal peut se faire par métallisation au pistolet.

Le revêtement en cermets qui a été lancé industriellement aux États-Unis, est à base d'un nickel oxyde de magnésium (67-33) et permet de protéger l'acier et l'acier inoxydable. Le dépôt se fait par projections au chalumeau oxyacétylénique alimenté par la poudre de cermets. Il peut se faire également au pinceau à partir d'une suspension aqueuse contenant du silicate de sodium. Après le séchage, le dépôt est traité au chalumeau à 1200°C. Un tel revêtement résiste très bien à l'oxydation à l'air à 1000°C et aux chocs thermiques. L'adhérence sur le support est très bonne, même en cas de déformation de la surface.

Il est possible aussi de prévoir un revêtement par émaillage qui résistera à des températures allant jusqu'à 750-900°C. Il faut signaler relativement à l'émaillage, qu'il est possible de recouvrir les moulages en bétons de ciment fondu et d'émail grâce aux propriétés réfractaires du béton, qui permettent la cuisson aux températures nécessaires.

Des bétons de ces catégories sont à l'étude, mais n'ont pas encore fait leurs preuves.

Il est possible d'utiliser des vernis et peintures, pour protéger les matériaux contre les corrosions. Les qualités à en exiger sont :

- l'adhérence, la résistance et au vieillissement et aux chocs;
- la résistance aux agents chimiques;
- l'imperméabilité.

Les peintures n'étant jamais parfaitement imperméables, on appliquera une couche d'impression et une couche de protection comprenant elle-même une couche intermédiaire et une couche de finition.

Contre l'attaque du fer par l'oxygène, la couche d'impression sera basique (minium de plomb, litharge, différents sels de plomb, parfois oxyde de zinc ou sels de ce métal).

Les peintures cellulodiques ne résistent pas à la chaleur ni au choc.

Dans les peintures antirouille à base de brai de houille traitée avec ou sans incorporation de poudre d'aluminium ou de bronze d'aluminium, l'addition de poudre métallique est importante. Cette poudre se dispose en surface et diminue considérablement les variations de température.

Nous signalerons en particulier, le phénola qui possède une grande résistance aux acides et aux bases alcalines, mais qui est sensible à la chaleur. Il est très employé pour les conduits de fumées, mais ne peut être qu'une protection provisoire.

Nous rappellerons que en plus de la protection contre l'attaque de la corrosion, les vernis présentent l'avantage de réduire les dépôts de suies et de les rendre moins adhérentes aux parois, par la création d'un glacis qui pénètre toutes les aspérités et crée une surface lisse.

Il est également utilisé pour la réfection des conduits de fumées un procédé appelé « chemisage » qui consiste à enduire l'intérieur des conduits pour en calfeutrer les fissures dues à des accidents de fonctionnement.

Si cet enduit est mis en couches multiples et minces, lors du chauffage, elles auront tendance à se décoller et à s'écailler, chaque couche disparaissant au cours des ramonages. Le nombre de ces couches est, en général, de vingt.

Si cet enduit est épais, il tiendra par lui-même et formera une chemise intérieure indépendante qui lors du premier chauffage se décollera de la paroi et pourra alors se dilater librement. La couche est mise en place en une ou deux fois.

La tenue de l'enduit est, essentiellement, fonction dans les deux cas de la composition du mélange et de sa tenue au feu. Il est, en général, à base de ciment fondu et de chamotte.

CONCLUSIONS

Nous avons examiné les caractéristiques actuellement connues de tenue au feu et de résistance à la corrosion des matériaux utilisés pour les conduits de fumées. Mais il serait prématuré d'en déduire qu'un produit ayant les caractéristiques nécessaires pour être employé dans un projet précis ne donnera pas de déboires. En effet, il serait vain de choisir un « bon matériau » si celui-ci doit être mis en œuvre sans une étude préalable complète des conditions dans lesquelles il travaillera, non seulement au point de vue thermique et corrosif, mais aussi au point de vue mécanique dans la généralité du terme.

Une association de matériaux pourra nécessiter une libre dilatation des différents constituants, ou au contraire une solidarité totale entre eux, selon, les possibilités d'addition des qualités, ou de contrariété des défauts, mais aussi de leur mise en œuvre.

Il est donc erroné de juger la qualité d'un conduit sur la qualité du ou des matériaux utilisés, car son bon fonctionnement (tirage, condensation... etc...) conditionne en grande partie sa longévité.

Et là, il faut peut-être incriminer la réglementation actuelle qui évite souvent, pour ne pas dire toujours, au projeteur de se pencher sur les problèmes posés par les conduits de fumées et en particulier, sur celui de l'isolation thermique (puisque le règlement prévoit purement et simplement 7 cm d'épaisseur). Il est vrai que la conception des conduits de fumées ne peut être basée que sur des données que nous ne possédons guère actuellement que très imparfaitement et qui sont les caractéristiques des matériaux. Le tableau que nous avons dressé montre bien qu'il y a encore un important travail scientifique à réaliser. L'exposé de M. Cadiergues indique dans quel sens ce travail pourrait être orienté.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- TOSI A. Tecnologia Antincendinelle Costruzioni. Milan.
- DURIEZ. Traité des matériaux de construction. Paris.
- Nombreuses études d'auteurs divers.

M. le Président Roubaud. — *M. Claudon* vient de vous exposer une documentation recueillie au Co. S. T. I. C., et il vous a montré par là un échantillonnage important de tout ce avec quoi on peut construire des conduits de fumées.

Je vais maintenant demander à M. Cadiergues de venir jusqu'à la tribune.

Je ne vous présenterai pas M. Cadiergues vous le connaissez tous. M. Cadiergues est Directeur du Co. S. T. I. C. Il écrit souvent de nombreux articles dans notre bulletin. Il est, vous le savez, parfaitement compétent dans beaucoup de domaines, et la conférence qu'il nous a préparée a trait à la manière de construire les conduits de fumées.

Conduits de fumées

DOCTRINE DE CONSTRUCTION DES CONDUITS DE FUMÉES

par

R. CADIERGUES

Directeur du Co. S. T. I. C.

Pour choisir une doctrine de construction, il faut asseoir la conception des conduits de fumées sur des bases simples et rationnelles.

Il faut examiner :

- la disposition
 - la structure
- } des conduits

La disposition, c'est à la fois le nombre de conduits, le sché-

ma général des conduits, leur alignement, leurs sections, leurs débouchés.

La structure, c'est un ensemble répondant à certaines qualités : tenue aux conditions d'emploi (température, contraintes thermiques, corrosions), isolation thermique, imperméabilité aux gaz, aux liquides, qualités de mise en œuvre, d'entretien et de réparation.

Ces différents points vont être examinés successivement.

PREMIÈRE PARTIE

DISPOSITION DES CONDUITS DE FUMÉES

Nombre de conduits.

Le nombre de conduits domestiques est défini par les Règles générales de Construction des Bâtiments d'Habitation (décret 55-1394 du 22 octobre 1955) :

« Art. 22. — Les installations fixes de chauffage et les conduits de fumée et d'aération doivent présenter toutes garanties de sécurité et de salubrité et satisfaire, notamment par le nombre de ces conduits, aux exigences du confort des habitants. »

En outre :

« Art. 9. — Toute cuisine ou pièce à usage de cuisine doit comporter..., un conduit de fumée, ... »

Mais les arrêtés fixant les modalités d'application de ce décret ne sont jamais parus, et le décret d'application fixant la mise en vigueur du décret précédent non plus !

Il nous paraît important de signaler :

RÉSUMÉ

Après avoir montré la nécessité d'établir cette doctrine, l'auteur examine successivement les éléments de cette doctrine. La première partie est consacrée à la disposition des conduits de fumées : nombre de conduits, schémas fondamentaux, conduits « unitaires », ventouses et appareils de chauffage étanches, alignement des conduits, section des conduits, hauteur des conduits. La seconde partie est consacrée à la structure des conduits de fumées : tenue à haute température, fissuration, corrosion, isolation thermique, perméabilité aux gaz. L'auteur conclut en faveur d'un système souple autorisant divers types de conduits, en particulier amovibles.

SUMMARY

After having shown the necessity of establishing such a doctrine, the author examines successively the elements of this doctrine. The first part is devoted to the general arrangement of chimneys: number of flue ducts, fundamental circuits, branched flues, wall flues and tight appliances, alignment of flue ducts, cross area of flues, upper end of chimneys, height. The second part is devoted to the structure of flues: high temperature stability, cracking, corrosion, thermal insulation, gas permeability. The author concludes in favour of flexible rules, authorising different types of flues, and particularly removable flue ducts.

— que les techniciens français considèrent actuellement dans leur grande majorité, qu'il vaudrait mieux construire moins de conduits et les construire *mieux*;

— que les techniciens étrangers (à l'exception de certains pays comme la Hollande où les coutumes sont analogues aux nôtres) considèrent comme illogique la construction de conduits de fumées dans les immeubles ayant le chauffage central.

Il y a au moins une catégorie d'immeubles où les conduits de fumées domestiques, prévus pour un appareil indépendant du type poêle, sont injustifiés : ce sont les immeubles de très grande hauteur, où le fonctionnement des petits appareils à tirage naturel est impossible sans des réductions de tirage très importantes et dangereuses : pour un conduit de 40 m de haut, le tirage est de 10 mm d'eau pour une température de gaz de seulement 100°C. Compte tenu du coût des conduits de fumées dans les immeubles hauts, des servitudes de transport de combustibles autres que le gaz, et des difficultés de réglage, il serait normal que le chauffage central soit obligatoire pour les immeubles de plus de 35 m de haut (c'est ce qui se passe en Allemagne) et qu'aucun conduit de fumée n'y soit obligatoire, même dans la cuisine, sous réserve d'assurer une distribution de gaz de cuisine.

En dehors du cas spécial de ces immeubles de grande hauteur, il y a à savoir :

- a) si, avec chauffage central, il est nécessaire de prévoir un conduit de fumée au moins autre que celui de la cuisine;
- b) combien, sans chauffage central, il faut en prévoir.

À notre avis :

1° S'il y a un chauffage central et distribution d'eau chaude centrale aucun conduit n'est nécessaire;

2° S'il y a un chauffage central sans distribution d'eau chaude :

— ou il y a une distribution de gaz actuelle ou possible : on peut alors prévoir les conduits correspondant à ce type d'appareil; mais on peut aussi adopter des chauffe-eau à ventouse,

— ou il n'y a pas de distribution de gaz, et rien n'est nécessaire;

3° S'il n'y a pas de chauffage central, il doit y avoir un conduit de fumée *par pièce principale* et un emplacement pour l'appareil à raccorder au conduit, donc normalement surface supplémentaire, en particulier dans les chambres si l'on veut éviter les risques d'incendie.

Dans tous les locaux où il y a un conduit de fumée, des dispositions spéciales doivent être prises pour l'amenée d'air, dans le cas d'installation d'appareils.

Schémas fondamentaux (anciens et nouveaux).

La solution classique dans notre pays : « un conduit par foyer » a disparu, d'abord avec le branchement de plusieurs chaudières en chaufferie sur un même conduit, ensuite avec le système Shunt.

Ces deux cas sont à classer dans la catégorie des conduits de fumées collectifs. On ne fait pas de difficultés actuellement s'il s'agit d'un conduit de chaufferie. On critique encore le système s'il s'agit d'un conduit « unitaire » sur lequel plusieurs locataires peuvent se brancher. Avant de préciser dans quelles conditions le système spécial « Shunt » (seul autorisé actuellement) a été accepté dans notre pays, je voudrais souligner que presque tous les pays d'Europe acceptent (sous certaines réserves précisées plus loin) le branchement de plusieurs appareils domestiques sur un même conduit.

A-t-on le droit de raccorder à un même étage ou non? Combien d'appareils au maximum? Cela dépend des règlements.

Dans un pays tel que l'Allemagne on trouve des prescriptions très contradictoires [1] : on peut brancher sur un même conduit de trois à neuf poêles selon les règlements, et les sections (par poêle) varient de 70 à 200 cm², et selon les régions, le branchement se fait dans un même appartement ou en appartements superposés.

Bien plus, le projet de règlement allemand de 1940 (Syndicat National des Techniciens du Chauffage) prévoit le branchement possible de trois poêles au même niveau sur un même conduit, et ajoute :

« En général, les poêles du même appartement doivent être raccordés au même conduit; exceptionnellement, les poêles de plusieurs appartements contigus ou juxtaposés peuvent être raccordés au même conduit ».

Ces expériences étrangères, portant sur des millions d'utilisateurs, ont été presque totalement passées sous silence dans notre pays. Elles sont cependant particulièrement importantes au moment où on introduit le système des conduits « unitaires ». À Copenhague, des conduits collectifs normaux (et non Shunt) construits avant la guerre fonctionnent avec vingt poêles (trois au maximum par étage)

Les conduits « unitaires ».

Le seul système de conduit unitaire actuellement admis dans notre pays est le système Shunt. Il a été accepté parce que la Commission Consultative des Conduits de Fumée et de Ventilation du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment a réussi en 1952 à convaincre les autorités administratives de l'intérêt de ce système et de son risque extrêmement réduit. Pour cela, la Commission disposait d'un rapport extrêmement précis de A. Fournol [2], où l'auteur, se basant à la fois sur l'expérience belge et sur les études expérimentales hollandaises et françaises (Toulon) justifiait l'adoption du procédé. Cet exposé sur la question est beaucoup plus détaillé que celui que je pourrais faire ici, mais il contient certains éléments que je voudrais reprendre.

La documentation réunie à l'époque sur les réglementations européennes, n'est assez complète que pour la Suisse et ne fait pas ressortir la généralité des conduits unitaires qui est signalée ci-dessus dans les pays tels que l'Autriche, l'Allemagne et le Danemark, tous installés sans raccordements individuels. C'est tout à fait normal d'ailleurs, car à l'époque il n'était absolument pas question d'autoriser ces conduits collectifs normaux. Suivant les termes même du rapporteur : « cette autorisation personne ne l'a demandée, et on trouverait certainement bien peu de responsables pour s'y montrer favorables ».

Ce sont là les seuls arguments qui n'ont pas permis au rapporteur de proposer une solution plus générale. Et pourtant quels arguments pouvait-on réellement retenir contre les conduits collectifs normaux? La Commission Consultative n'a pas pu en fournir, ainsi que le prouve la citation suivante [2] :

« Nous avons tous entendu parler des multiples déboires occasionnés par les foyers branchés sur les conduits unitaires installés pour l'équipement d'immeubles parisiens bâtis entre les deux guerres. Nous aurions vivement souhaité fournir quelques exemples *précis* d'accidents provoqués par les conduits, car il est toujours bon de contrôler et de critiquer même les affirmations qui paraissent les mieux fondées et les plus communément admises. Non qu'il soit dans nos intentions de contester ces déboires. Mais le moindre spécialiste de la construction a aussi entendu parler d'une foule de déboires causés par des conduits traditionnels et plus ou moins réglementaires; et le seul travail intéressant consisterait en une critique serrée et précise des accidents provoqués par les uns et les autres, de manière contrôlée et surtout comparative.

La documentation que j'ai pu recueillir sur ce point est, malheureusement, plus que sommaire et le dossier bien mince. Grâce à l'obligeance de l'Architecte en Chef de la Préfecture de Police, nous avons eu connaissance d'un immeuble parisien équipé de conduits unitaires (depuis 1926), dans lequel un locataire s'était plaint récemment de refoulements. Les lieux ont été visités et nous avons procédé à une étude rapide et à une enquête auprès des locataires. L'occupant qui s'était plaint à la Préfecture de Police (cinquième et dernier étage) déclara avoir toujours eu satisfaction jusqu'en 1950. Au cours de l'hiver 1950-1951, les refoulements avaient commencé. Lors de notre passage, le refoulement était constant et important et ne s'arrêtait que si on fermait la clé de tirage de la cuisinière branchée sur le conduit. Au deuxième étage du même immeuble (même conduit unitaire), une cuisinière était en fonctionnement dont le tirage était bon mais, le locataire déclarait avoir constaté qu'il ne pouvait l'allumer facilement que si, au moment de l'allumage, il n'y avait pas d'autre foyer branché sur le conduit.

Au contraire, dans le même immeuble, d'autres conduits donnaient entièrement satisfaction. Et il semble qu'il n'y avait pas eu de plainte avant la guerre, les premières plaintes paraissant remonter à 1949.

Un examen rapide montra que les souches étaient en mauvais état, les antirefouleurs d'un modèle vétuste, et le dernier ramonage probablement mal fait.

On ne saurait tirer de conclusion de ce cas particulier; nous ne l'avons mentionné que pour regretter de n'avoir pas trouvé d'étude et de mise au point bien convaincante qui dénombre, explique et démontre les accidents provoqués en fait par les conduits unitaires. En l'absence de cette documentation, l'esprit critique aura le droit de se poser cette question : étant entendu que les conduits unitaires donnent lieu à des accidents et que les conduits traditionnels donnent lieu aussi à des accidents, la discrimination officielle qui est faite en France entre les uns et les autres est-elle effectivement fondée, ou n'est-elle pas due à ce seul fait qu'automatiquement et pour ainsi dire de manière « spontanée », tout accident survenu à un conduit séparé est immédiatement imputé à un manquement aux règles de l'art (qu'on finit toujours par découvrir, parce qu'on se donne la peine de le rechercher), alors que tout accident survenu à un conduit unitaire est non moins immédiatement imputé au principe, sans qu'on se donne la peine, dans ce cas, de rechercher s'il n'y a pas eu aussi manquement aux règles de l'art?

Nous verrons que cette remarque a été confirmée et renforcée par les conclusions de notre enquête en Belgique, au cours de laquelle nous avons effectivement pu démontrer que la plupart (sinon la totalité) des déboires provoqués par les conduits unitaires provenaient bien de manquements aux règles de l'art. »

Finalement, en faveur du départ individuel système Shunt, on put présenter : plusieurs centaines de références belges, une étude expérimentale hollandaise et une étude française assez limitées. En face, pour le conduit unitaire sans raccordement individuel, il y a des milliers de références, suisses, autrichiennes, allemandes, danoises!

Qu'on entende bien que je ne critique pas le système Shunt dont le principe est *a priori* satisfaisant, mais aucune étude expérimentale n'a démontré la supériorité du conduit collectif à raccordements individuels sur le conduit collectif normal. Trois groupes d'études expérimentales ont été seulement consacrées au système Shunt en soi :

a) *Études hollandaises* [3] : étude du tirage et des températures dans un conduit Shunt, sans recherche systématique des refoulements;

b) *Étude française* [2] : étude systématique des températures, débits et refoulements dans un conduit Shunt (site dégagé, température extérieure : 5 à 13°C) : sur dix-huit

expériences un seul refoulement de quatre minutes (au dernier étage) avant établissement correct du tirage;

c) *Étude anglaise* [4] : vérification expérimentale très satisfaisante du calcul du tirage dans les conduits à raccordements individuels (un conduit en laboratoire, deux conduits réels), sans recherche systématique de refoulements.

Le problème des refoulements et de la diffusion dans les conduits collectifs n'a donc pas été systématiquement étudié : c'est un travail qui reste à faire.

Les « ventouses » et les appareils de chauffage étanches.

On sait le succès des appareils du type à ventouse (fig. 1) dont le conduit d'amenée d'air comburant et d'évacuation des produits de la combustion sont placés dans un mur. L'appareil les utilisant doit être étanche.

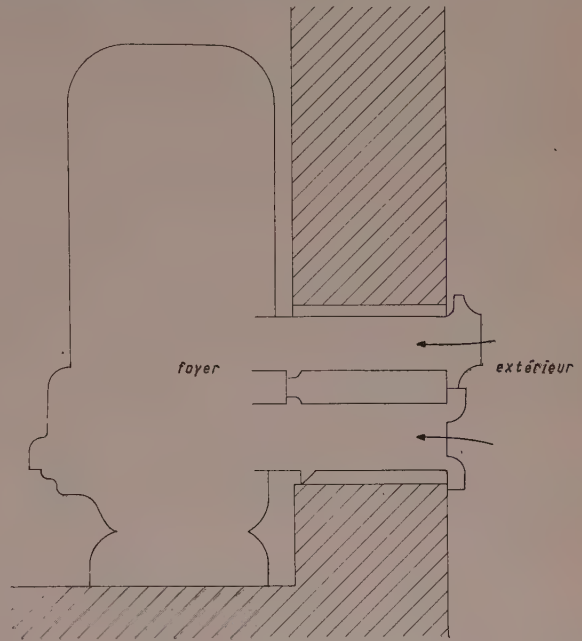


Fig. 1. — Exemple d'appareil à ventouse.

En fait, la réglementation actuelle interdit de tels appareils, car il est spécifiquement prévu dans la plupart des règlements (art. 40 de l'arrêté préfectoral du 7 mai 1956) que les appareils doivent être raccordés à un conduit de fumée réglementaire, lequel est défini par ailleurs et est le conduit traditionnel. En fait, tous les techniciens sont d'accord pour accepter ces appareils à ventouse, sous réserve qu'ils aient subi un contrôle d'étanchéité. On retrouve là une dépendance inévitable entre le conduit de fumée et l'appareil de chauffage; la solution du conduit de fumée polyvalent est une mauvaise solution qu'on ne peut conserver que si elle est indispensable; il serait nécessaire que le conduit soit autant que possible adapté à l'appareil.

Dans le cas où il n'est pas admissible de rejeter les produits de la combustion en façade, des dispositifs (à deux conduits ou à un conduit : fig. 2) permettent tout de même d'utiliser des appareils étanches. Jusqu'ici, l'étude de tels systèmes a été exceptionnelle. Toutefois, une étude anglaise récente [5] a conduit à des conclusions qui sont assez favorables au système à un conduit.

Étant donné l'intérêt hygiénique des appareils de chauffage étanche utilisés dans les locaux habités, le système de conduits collectifs correspondant devrait être étudié très sérieusement.

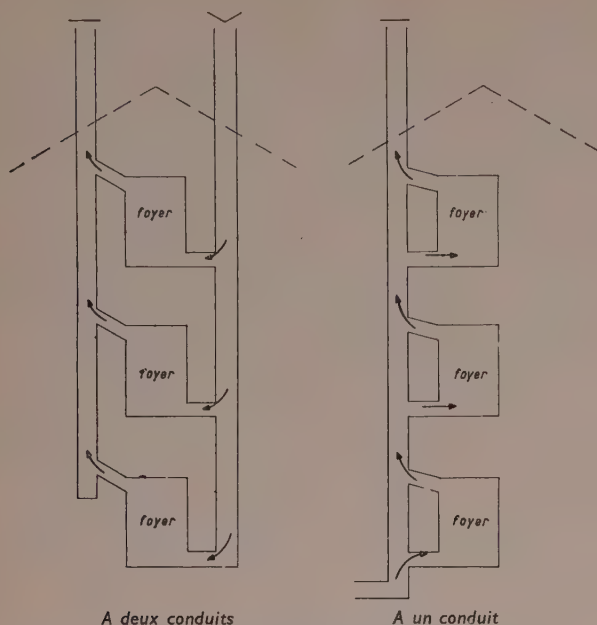


Fig. 2. — Dispositifs spéciaux de conduits d'air et de fumées pour appareils étanches.

L'alignement des conduits.

Le règlement sanitaire type de 1937 et les réglementations départementales ou municipales [6] ne prévoient rien en ce qui concerne l'alignement des conduits de fumées. Un premier effort a été fait en 1948 dans le Projet de Règles du CSTB [7] qui prévoit (art.11) : « Les changements de l'aplomb des conduits seront réduits au nombre strictement indispensable ; pour les immeubles de trois étages au plus, ils seront limités à deux au maximum.

Les déviations avec la verticale ne devront jamais dépasser 30°. Cette règle ne s'applique toutefois ni aux carnaux... ni aux raccords du conduit avec l'âtre, à condition qu'ils soient accessibles à la main du ramoneur.

Il sera apporté un soin particulier à la construction des conduits dans tous les points où ils changent de direction ».

Un nouvel effort fut fait dans le Projet de Code de conditions minima préparé par les Industries Thermiques [8], qui, en cherchant à apporter plus de précision, prévoyait (art. 4-21.01) : « L'inclinaison d'un conduit par rapport à la verticale sera égale ou supérieure à 30°.

Le nombre de changements d'aplomb d'un conduit des catégories A et B sera limité à deux pour les conduits de section rectangulaire et à trois pour les conduits de section carrée ou circulaire. Pour les autres catégories, le maître d'œuvre s'efforcera de limiter leur nombre ».

En fait, de quoi s'agit-il ? :

- 1° De limiter les pertes de charge ;
- 2° De faciliter les ramonages ;
- 3° Éventuellement de faciliter les chemisages.

Le premier point (perte de charge aux changements de direction) est assez important et ne peut être négligé, mais il peut être compensé par une augmentation de section qui serait facile à effectuer.

Les second et troisième points conduisent la majorité des techniciens que nous avons consultés à demander (dans l'état des

techniques de ramonage et de chemisage) la suppression de tout changement de direction des conduits de fumées. Ceux-ci devraient être verticaux du carneau ou du raccordement au débouché.

Le perfectionnement des techniques de chemisage et de ramonage est bien entendu susceptible de modifier cette règle. Elle n'est que peu gênante à partir du moment où les conduits collectifs sont autorisés.

La section des conduits.

Le nombre d'études sur le tirage et les calculs de section des conduits de fumées est « astronomique », et il n'est pas question d'en donner ici la liste. Un rapport sommaire [9] publié récemment indiquait une « collection » de plus de trente formules. Pour un exemple particulier le résultat obtenu varie suivant les formules de 0,19 à 0,48 m² (moyenne = 0,33).

Aucune de ces formules n'est à proprement parler fausse, mais elles admettent toutes certaines hypothèses (caractéristiques du combustible, excès d'air, température des fumées, etc...) qui jouent un rôle suffisamment important pour que des approximations également valables en principe, mais différentes en fait, conduisent à des chiffres qui varient de 19 à 48.

Bien entendu, la question que l'on pose est la suivante : quelle est la validité de ces méthodes ? Il n'y a pas de réponse à cette question, d'autant plus que le problème est multiple, et qu'il y a au moins trois problèmes essentiels :

a) *Le problème de l'architecte* : le volume des bâtiments à chauffer et les besoins thermiques divers sont connus à peu près (ou avec exactitude), mais les caractéristiques des générateurs ne sont pas fixées absolument (on peut par exemple supposer qu'il sera possible ultérieurement de changer de combustible). La solution proposée est la formule :

$$S = \frac{P}{10\,000 \sqrt{H/10}} \text{ m}^2$$

H = hauteur du conduit en mètres,

P = puissance en kcal/h.

b) *Le problème de l'installateur* : les caractéristiques des générateurs, et en particulier des combustibles sont connues (exemple : peut-on installer telle chaudière sur un conduit existant de caractéristiques données?). Il faut alors faire un calcul précis de tirage.

Le calcul est difficile. On le fait généralement en admettant une dépression « nécessaire » à la buse de fumées : c'est une méthode de validité limitée car tout le circuit (arrivée d'air, générateur, conduit de fumées proprement dit) doit être étudié et calculé.

c) Les mêmes réserves valent *a fortiori* pour le problème de l'expert : l'installation étant parfaitement connue et réalisée, il s'agit de savoir si le conduit est incorrect, par exemple s'il y a des défauts de tirage imputables à ce conduit.

La théorie du tirage existe. Pour nous limiter à des publications françaises, signalons les études de M. Véron [10] et G. Ribaud [11]. C. Herody [12] a indiqué comment déterminer les températures, en particulier dans le cas des conduits groupés, et des indications numériques ont été données sur : la rugosité [13], la section réelle compte tenu des imperfections de montage [14], l'influence de la suie sur la rugosité [13] et sur la section [13,14].

Une seule chose manque (au moins pour la France) : les courbes de pertes de charge des générateurs en fonction de l'allure et du chargement.

En dehors de cas exceptionnels d'ailleurs (poutres traversant les conduits ou autres fantaisies analogues), il est rare

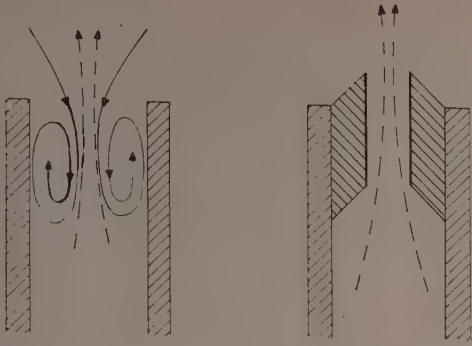


Fig. 3. — Refoulements au sommet des conduits larges et méthode de protection.

que le conduit de fumées ait une section insuffisante. Toutefois des cas variés d'insuffisance de tirage ont pu être constatés et contrôlés expérimentalement [15, 16] et la plupart sont dus justement à des excès de section, entraînant en particulier (fig. 3) des refoulements partiels contrôlés expérimentalement [17] à des régimes normaux de marche. (Ces refoulements peuvent être évités en rétrécissant le débouché.)

Quant à la question des dimensions *minima* des conduits de fumées (domestiques), elle ne peut être réglée que par compromis, et elle est directement liée aux fréquences de ramonage. Les expériences du Gaz de France [13] sont particulièrement précieuses à cet égard, ayant montré qu'une couche de suie de 1 cm pouvait s'agglomérer sur la face des conduits après combustion dans un conduit de 2 000 kg de combustible particulièrement défavorable (vieux pavés de bois fortement chargés en goudron et produits créosotés).

En tous cas la section de 150 cm² prônée par Gaz de France pour ses appareils domestiques avec juste raison, est légale en Suède et Norvège pour les poêles à *tous* combustibles (250 cm² pour les foyers ouverts). Le minimum est même de 125 cm² en Suède pour les conduits circulaires, et de 12 x 12 cm pour les conduits carrés en Norvège (pays où la consommation de bois est très importante). Le calcul du tirage doit d'ailleurs être fait d'après le règlement suédois en admettant une couche de suie d'un centimètre d'épaisseur. Au cours des discussions de la « Chimney Conference » de Copenhague (1956), le diamètre de 12 cm fut considéré de façon unanime comme le minimum à adopter pour les petits appareils domestiques. Pour les chaudières de chauffage central, les limites suivantes de vitesses de gaz (vitesses « normales » à 0° C 760 mm Hg), furent généralement considérées comme recommandables :

petites chaudières : 2 m/s,

grandes chaudières : 3 m/s,

avec possibilité d'atteindre 4 m/s pour des installations de type industriel.

Pour les conduits spécialement réservés aux combustibles gazeux, la section légale la plus basse est la section américaine (40 cm²).

Le débouché des conduits de fumées.

Il y a deux éléments essentiels dans ce choix du débouché et de sa position :

- L'influence sur le tirage ;
- L'influence sur la pollution atmosphérique au voisinage.

Le second point sera examiné au paragraphe suivant.

Nous nous limiterons actuellement aux actions aérodynamiques.

Le débouché brut du conduit sans couverture est une erreur car il n'y a alors ni protection contre la pluie, ni protection contre les vents plongeants.

Le débouché doit donc être couronné par un dispositif dont les qualités sont déduites immédiatement des obligations précédentes :

- Protection contre la pluie ;
- Action aspiratrice quelle que soit l'inclinaison du vent.

L'expérience prouve que c'est possible. La théorie permet même de concevoir ces équipements de façon très rationnelle [18].

Mais il ne suffit pas d'avoir un débouché qui ait ces propriétés en laboratoire, il faut aussi qu'il les ait dans la réalité, ce qui oblige à placer le débouché correctement, ce qui n'est pas facile. En effet, les études traditionnelles consacrées à l'action du vent sur les bâtiments ou sur des objets de formes diverses sont souvent limitées à des mesures de pression. Quelques études sur les sillages, en particulier danoises [19], permettent d'avoir une idée qualitative des phénomènes (fig. 4). Ce qui nous intéresse, c'est la couche limite du bâtiment, la zone où il y a une turbulence suffisamment fine et importante pour qu'il soit défavorable d'y placer le débouché du conduit de fumées.

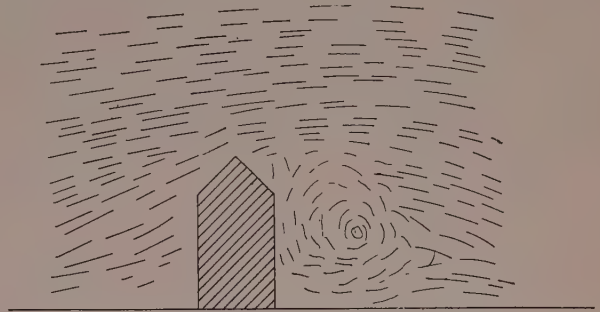


Fig. 4. — Exemple d'étude de sillage de bâtiment.

Jusqu'à une date récente, il n'y avait aucune donnée précise. Heureusement deux études récentes, l'une sud-africaine [10], l'autre française [21] viennent d'apporter une contribution fondamentale à la résolution de ce problème.

L'étude sud-africaine met en évidence l'existence d'une zone stagnante (fig. 5), dont la limite est indépendante de la pente du toit (jusqu'à 25° d'inclinaison) ou « rebondit » sur le toit pour des inclinaisons plus fortes. Les résultats obtenus (très limités) permettent de penser que les règles de similitude s'appliquent à cette limite de zone stagnante ($v < 0,3$ m/s). L'étude française étudie avec beaucoup de précision l'influence de la

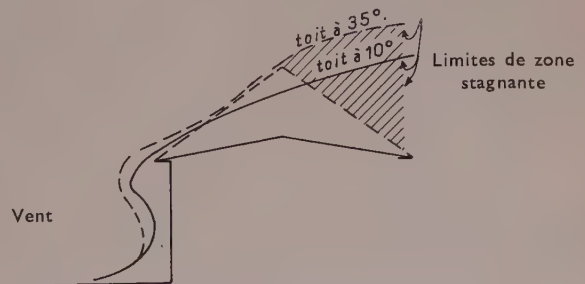


Fig. 5. — Schéma des zones stagnantes [20].

position du débouché sur la vitesse dans le conduit, mais seule la position verticale (hauteur au-dessus du toit) a généralement été indiquée.

Or, la figure 5 montre bien que l'« épaisseur » de cette zone varie d'un bord à l'autre du toit. Il n'est donc pas réellement possible de donner une hauteur minimum de souche indépendante de la position de celle-ci. Les figures 6 et 7 indiquent ce que nous entendons par là (il faut « faire souffler le vent » dans le sens le plus favorable), en nous limitant aux vents transversaux. En fait, les vents longitudinaux ne sont pas non plus négligeables, ni les obstacles environnants. Tout porte à croire en plus que les effets d'échelle sont très importants, et il n'est pas possible de déduire des conclusions sûres de résultats valables sur maquette.

Malgré les efforts appréciables faits jusqu'ici, les recommandations couvrant les débouchés ne peuvent être considérées que comme provisoires.

Les défauts de tirage constatés avec les conduits de fumées sur toitures-terrasse tendent en tous cas à prouver que la théorie des zones stagnantes, présentée figure 6 est valable : la zone stagnante est très haute avec les toits plats.

Avant de terminer l'étude aérodynamique des débouchés, indiquons deux conclusions expérimentales :

a) Le groupement des débouchés les uns à côté des autres, surtout avec des aspirateurs statiques correctement conçus peut avoir un effet nuisible très réduit [21] ;

b) Le phénomène de siphonnage entre conduits voisins ne peut être évité simplement par décalage en hauteur des conduits ; d'après M. Jensen [22] les résultats sont ceux de la figure 8.

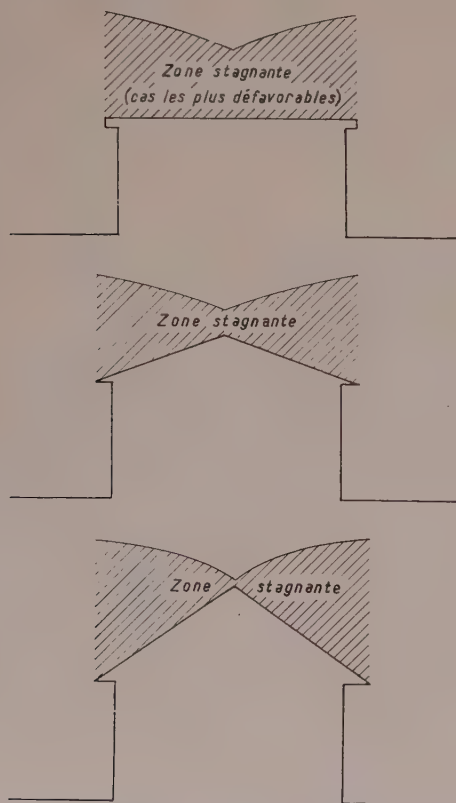


Fig. 6. — Influence de la forme du toit sur la zone stagnante (vents transversaux).

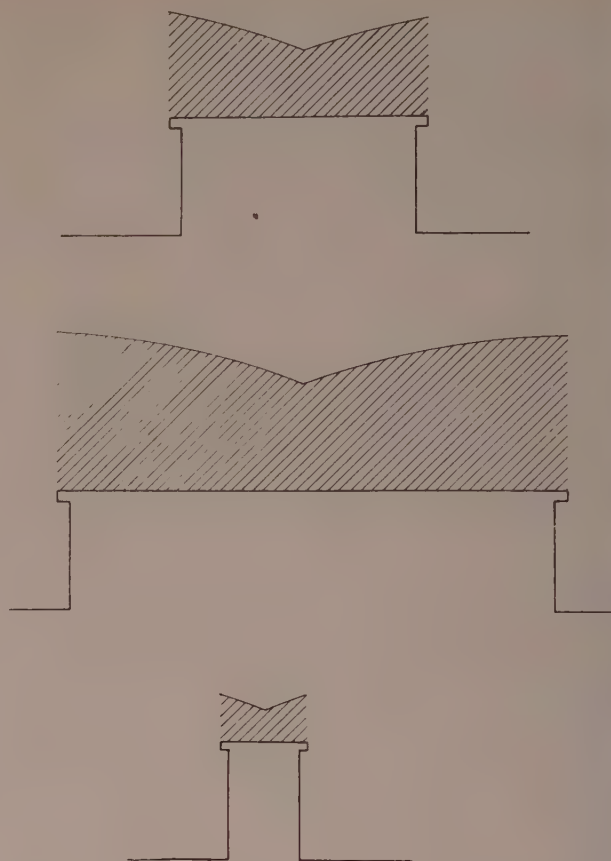


Fig. 7. — Influence des proportions du bâtiment sur la zone stagnante.

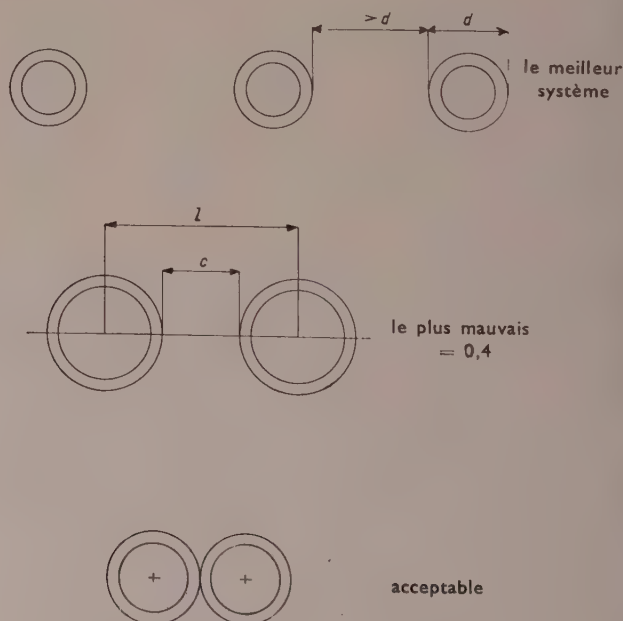


Fig. 8. — Influence de l'espacement des conduits sur le siphonnage [22].

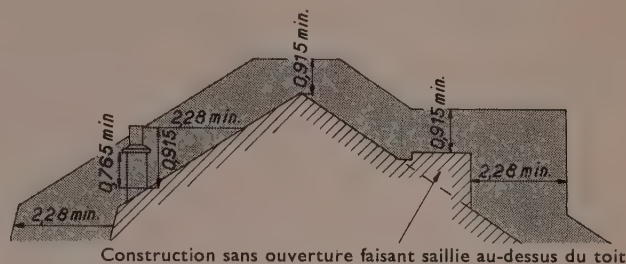
Étant donné le caractère délicat des études expérimentales de ce phénomène, le Co. S.T.I.C. serait reconnaissant à toute personne qui voudrait bien lui signaler des groupes de conduits donnant lieu à siphonnage.

Il faut signaler que la hauteur minimale au-dessus du toit du débouché des conduits de fumées a parfois été fixée pour des motifs de protection contre l'incendie. C'est ainsi que le « Code of Practice » britannique [23] donne des indications très précises (fig. 9) dans ce but. Cette figure se rapporte à des matériaux de couverture *incombustibles*, la règle pour les toitures combustibles étant de dépasser de 90 cm tout faitage dans un rayon de 12 m. Nous devons reconnaître que nous ne voyons pas très bien les justifications précises aux recommandations de la figure 9.

Hauteur absolue des conduits.

Une des raisons de placer le débouché des conduits assez haut est de réduire la pollution au voisinage du conduit. Un tel objectif est évidemment surtout valable pour les cheminées importantes, et a été abordé dans la conférence de P. Becher p. 1187. Il faut attendre la publication définitive des études danoises pour examiner les résultats et les confronter à ceux des nombreuses études publiées sur ce sujet et qu'il est impossible d'énumérer ici.

Remarque. Le rôle du conduit de fumées est prépondérant dans la formation des suies. Nous avons constaté plusieurs fois que l'indice des fumées était faible à la sortie d'une chaudière, et fort en haut du conduit de fumées. Il y a incontestablement agglomération, sinon formation, de suies dans le conduit. P. Becher [24] attribue essentiellement ce phénomène à un défaut d'isolation, mais il se pourrait que la forme de la section joue un certain rôle [25] et que des tourbillons qui se forment dans les angles des conduits rectangulaires ou carrés favorisent la sédimentation et l'agglomération des suies.



Les orifices de sortie de tous les conduits doivent se trouver en dehors de la surface ombrée.

Les dimensions indiquées s'entendent pour couverture de toit en matériaux incombustibles (pour les couvertures en matériaux combustibles, les orifices de sortie de tous les conduits ne doivent pas être à moins de 0,915 m au-dessus du niveau de tout faitage dans un rayon de 12,20 m à compter de l'orifice de la cheminée et mesuré horizontalement).

Fig. 9. — Hauteur des cheminées au-dessus des toits en fonction du risque d'incendie.

DEUXIÈME PARTIE

STRUCTURE DES CONDUITS DE FUMÉES

Tenue à haute température.

D'après notre expérience [23] il y a trois cas différents à considérer pour étudier l'influence des hautes températures :

- Le régime poussé continu (pendant plusieurs heures);
- Le régime poussé de pointe;
- Le feu de cheminée.

Bien entendu, il y a un caractère assez forfaitaire dans le choix des conditions, mais on peut prendre [26] pour un conduit de fumées polyvalent :

- Régime poussé continu : 550°C (ou 600°C) pendant plusieurs heures (à la base : « tuyau de poêle » légèrement rouge);
- Régime poussé de pointe : 800°C (ou 900°C) pendant 30 mn à la base;
- Feu de cheminée : 1 000°C (ou 1 100°C) pendant 10 mn [27], les températures revenant très rapidement à moins de 500°C après les pointes des cas b et c.

Des températures de 800 à 900°C, ou même plus, peuvent être maintenues pendant plusieurs heures avec un combustible adéquat, mais le « tuyau de poêle » est alors rouge cerise, il faut recharger le feu, et nous avons considéré que ce cas vraiment exceptionnel où la ménagère attiserait le feu avec un « tuyau de poêle » rouge cerise et un appareil « ronflant » ne pouvait constituer un usage normal.

On peut déduire de ces chiffres les températures des différentes couches entrant dans la construction du conduit, avec un calcul de transmission de chaleur en régime permanent généralement facile dans le cas a, et un calcul en régime variable plus difficile dans les cas b et c.

Il reste alors à contrôler que le matériau a une tenue correcte à cette température. Des indications sur ce sujet ont déjà été données dans la conférence de A. Claudon p. 1198.

Il faut comprendre bien entendu que les propriétés que nous analysons sont celles du conduit *complet*, revêtements et joints compris. Il nous paraît d'ailleurs nécessaire de ne pas s'immiscer inutilement dans le détail de pose et de joints : c'est à notre avis aux fabricants de matériaux de spécifier les modes de pose et de jointoyage, et les revêtements à utiliser pour leurs matériaux.

Nous sommes persuadés que les fabricants ne s'y refuseront pas et qu'on a eu tort jusqu'ici de se substituer à eux dans ce domaine. Bien entendu, nous sommes cependant à la disposition des fabricants pour les aider dans la mesure de nos moyens, pour la mise au point des prescriptions de pose.

Les données actuelles sur la tenue à haute température sont trop limitées et des données plus complètes sont nécessaires. Voici en tous cas quelques indications résumées sur la tenue (sans contrainte à haute température) de différents matériaux :

Acier (fusion à 1 150 — 1 350°C). La résistance à la traction à 600°C est sensiblement moitié de celle à froid, mais les qua-

lités varient beaucoup avec la nuance; 700°C étant un maximum pour les aciers doux qui commencent à fluer. Un « tuyau de poêle » n'est pas détérioré réellement avec des fumées à 1 000°C, sauf si on exerce un effort ou si on maintient longtemps la température.

Fonte : La fonte (fusion à 1 510°C) peut être employée à toutes les températures rencontrées dans les conduits de fumées.

Aluminium : à 350°C, ce métal a déjà perdu plus de la moitié de sa résistance à froid et il n'est guère utilisable au-delà de 400°C.

Briques : elles résistent normalement à des températures de 1 000°C, qui est d'ailleurs l'ordre de grandeur des températures de cuisson du matériau; d'une manière générale, il n'y a pas de détérioration proprement dite tant qu'on ne dépasse pas la température de cuisson qui varie avec les fabrications.

Pierres : comportement très variable selon les pierres. Les matériaux calcaires se transforment en chaux vive à une température de l'ordre de 250°C, leur résistance devient presque nulle. Les matériaux siliceux se fendillent par suite de transformation allotropiques qui ont lieu avec changement de volume, en particulier à 573°C pour le quartz, et à des températures de 117, 163, 225 et 1 000°C pour d'autres variétés de silice.

Mortiers et bétons : comportement très variable selon les compositions. La chaux hydratée subit les mêmes évolutions que les pierres calcaires et les mortiers et bétons à la chaux sont donc détériorés à une température de l'ordre de 350°C. Le ciment Portland ne résiste guère à des températures supérieures à 600-800°C. Avec différents agrégats, et avec du ciment fondu, il est possible de réaliser un matériau résistant à toute température souhaitée.

Plâtre : déshydraté à assez basse température (120-180°C). On peut obtenir avec le plâtre des complexes armés qui tiennent jusqu'à 600-700°C.

Terres réfractaires : elles peuvent être choisies pour tenir à toute température souhaitée.

Amiante : tient à très haute température. Plus la proportion d'amiante est élevée dans l'amiante-ciment, plus la température maximum d'emploi est élevée.

Laines minérales : ne tient généralement pas à plus de 550°C (laine de verre).

Pour beaucoup de matériaux les températures limites d'emploi restent à déterminer.

Les terres et bétons réfractaires et les fontes paraissent en tous cas les matériaux les plus adéquats pour les chemises intérieures des conduits polyvalents. Les autres matériaux sont à utiliser à une distance plus ou moins grande des fumées selon leur tenue à la chaleur.

Ces données montrent à quel point la recherche de conduits de fumées polyvalents est coûteuse, car elle élimine beaucoup de matériaux. Elle est absurde si on doit brancher seulement sur le conduit des appareils à gaz (températures de fumées limitées, danger de feu de cheminée pratiquement inexistant). Il est *plus que souhaitable* de chercher à adapter en France la méthode américaine autorisant des conduits de fumées spéciaux pour le gaz, sous certaines réserves, en particulier, sous réserve d'emploi d'appareils contrôlés, avec des températures de fumées inférieures à 290°C (555°F).

De tels conduits peuvent en outre être acceptés avec des sections faibles (40 cm² minimum aux Etats-Unis : 3 in. Ø).

Fissuration des conduits de fumées.

Un conduit de fumées (en particulier « autoporteur »), subit certaines contraintes dues à sa propre charge, ou à d'autres charges. Il doit être calculé en conséquence. De même les contraintes résultant du retrait, particulièrement importantes avec les conduits en bétons, devront être limitées (précautions de fabrication, stockage etc...).

Mais la partie la plus délicate provient des contraintes d'origine thermique liées aux différences de température et aux liaisons avec la gros-œuvre.

Prenons d'abord le cas du conduit libre cylindrique, subitement chauffé par les fumées. C'est l'essai classique de choc thermique. Il est curieux que ce phénomène n'ait pas fait l'objet d'étude systématique, en dehors d'une étude de C. Herody [28]. Reprenant la question, notre Comité s'est attaché depuis deux ans, à élucider ce problème, et J. Tirel [29] en a effectué une étude mathématique d'abord, et en collaboration avec A. Claudon [30] en a vérifié l'exactitude sur une multitude d'essais effectués non seulement par notre Comité, mais également par d'autres organismes.

Nous ne saurions mieux faire que de reproduire l'introduction du texte de J. Tirel [26] :

« La fissuration des conduits de fumées est un phénomène communément répandu. Ce n'est pas un problème nouveau, mais l'attention des maîtres d'œuvre et des utilisateurs s'est plus particulièrement portée sur lui depuis quelques années, et il est devenu par là même, un des problèmes pathologiques les plus aigus dans les bâtiments. Il n'est pas l'apanage exclusif des matériaux nouveaux récemment apparus à côté des matériaux traditionnels sur le marché des conduits de fumées. Il est plus exact de dire que la prise de conscience du problème a coïncidé avec l'apparition de ces matériaux. On peut affirmer que la quasi-totalité des conduits de fumées existants sont susceptibles de se fissurer dans des conditions d'emploi ne présentant aucun caractère d'exception.

La dégradation mécanique des conduits de fumées peut provenir de plusieurs causes pouvant agir de façon simultanée :

— Condensation;

— Agressivité chimique de certains gaz de combustion, combinés aux eaux de condensation;

— Retrait du matériau, phénomène intervenant évidemment en l'absence de tout chauffage, mais que les variations de températures auxquelles est soumis le conduit de fumées, et les migrations d'humidité qui les accompagnent peuvent exacerber d'une façon considérable;

— Changement de l'état physique ou chimique du matériau dû à l'élévation de la température;

— Flambage d'un conduit de fumées fixé, par exemple, à ses deux extrémités, sous l'effet de la température;

— Contraintes thermiques résultant des hétérogénéités des températures dans la masse du conduit de fumées, accentuées éventuellement par l'hétérogénéité des composants de certains matériaux tels que les bétons.

Enfin, il faut ajouter, pour être complet, que les matériaux de conduits de fumées ne sont pas seuls en cause. Les joints sont des points particulièrement faibles au regard de tous les phénomènes envisagés ci-dessus. Nous n'envisagerons pas ici tous les modes de dégradation mécanique des conduits de fumées, mais uniquement les fissurations qui se produisent à la suite d'une élévation de température des fumées à l'intérieur du conduit. Ce phénomène peut se produire pour un conduit libre de se dilater et de faible hauteur, c'est-à-dire en l'absence de tout danger de flambement.

Il est bien certain que les phénomènes de retrait et de contraintes thermiques sont toujours assez étroitement associés dans ces problèmes de fissuration. Il est difficile de discerner *a priori* l'importance relative de ces deux phénomènes. Pour notre part, nous avons supposé que les contraintes thermiques pouvaient jouer un rôle prépondérant, et nous nous sommes attachés à les analyser. Nous avons trouvé qu'à elles seules elles suffisaient à provoquer la fissuration de la quasi-totalité des conduits existants dans les conditions d'essai auxquelles nous nous sommes référés. Cette hypothèse semble d'autre part permettre d'expliquer un certain nombre de phénomènes d'une manière convenable, et aboutit à des conclusions pratiques qui semblent en assez bonne concordance avec celles obtenues empiriquement par un certain nombre de spécialistes des conduits de fumées. Il semble bien à l'heure actuelle que le phénomène des contraintes thermiques, s'il n'intervient pas seul dans la fissuration des conduits, doit néanmoins jouer un rôle prépondérant. »

Les conclusions tirées de cette étude sont les suivantes [26] :

1. Localisation spatiale des fissures des conduits de fumées.

Les fissures dues aux contraintes thermiques sont provoquées par les contraintes maximales en traction qui ont lieu à la surface externe du conduit. La théorie et l'expérience montrent que les fissures sont généralement verticales et se produisent préférentiellement par le milieu des parois planes constituant les conduits carrés ou rectangulaires, mais que des fissures horizontales peuvent s'amorcer au voisinage des arêtes, plus particulièrement dans les conduites à section mixte (circulaires à l'intérieur, carrée à l'extérieur).

2. Localisation dans le temps des fissures des conduits de fumées

L'étude de l'évolution des contraintes au cours d'une montée rapide en température maintenue ensuite à son niveau maximum, effectuée sur deux cas numériques montre que le régime le plus sévère est le régime permanent, et cette conclusion paraît devoir s'étendre à tous les conduits en simple paroi. L'expérience montre également que la fissuration peut intervenir plusieurs heures après la montée en température.

3. Résistance des conduits de fumées à la fissuration.

L'épaisseur d'un conduit doit être assez faible pour résister au choc thermique et assez élevée pour assurer une bonne isolation. La compatibilité de ces deux conditions impose au matériau de conduit de fumées construit en simple paroi des propriétés que n'ont pas les matériaux actuels.

Si on admet une température maximale de fumée de 800°C, un coefficient global de transmission de chaleur à travers les parois planes du conduit de 1 kcal/m²h°C, le rapport de la résistance à la traction du produit du coefficient de dilatation linéaire par le module d'Young doit être supérieur à 200, ce qui n'est pratiquement jamais réalisé.

Il est donc nécessaire, si l'on veut continuer à utiliser ces matériaux de rechercher une modification de structure qui permette de diminuer les contraintes et de satisfaire simultanément les conditions de résistance à la température et d'isolation qu'il est souhaitable d'obtenir.

On peut chercher à atteindre ce résultat :

a) En annulant les contraintes en traction à la surface externe du conduit par une précontrainte du béton réalisée à l'aide d'armatures ou d'une enveloppe métallique.

b) En construisant un conduit constitué de deux parois à dilatation indépendante : chaque paroi peut ainsi avoir une épaisseur plus faible et la chute de température entre fumées et ambiance est divisée en deux parties.

4. Résistance au flambage des conduits de fumées.

Ce problème ne doit pas être négligé. On obtient pour un conduit buté dont la température moyenne est de 400°C, des hauteurs critiques de l'ordre de 2 m. Le conduit carré présente de ce point de vue un certain avantage.

Mais d'autres conclusions importantes peuvent être également tirées de cette étude :

a) L'importance de l'isolation thermique du conduit qui réduit les contraintes en réduisant l'écart entre la température extérieure du conduit et la température moyenne ; en d'autres termes un boisseau enrobé de maçonnerie ne fissurera pas à la même température que le boisseau nu (si le boisseau nu fissure à 400°C par exemple, il pourra ne pas fissurer avec des fumées à 600°C s'il est enrobé d'une épaisseur suffisante de maçonnerie qui relève la température de la face externe du boisseau à plus de 250°C).

b) L'importance des chemises minces, puisque les contraintes maximum en régime permanent d'une cheminée entourée d'une isolation suffisante sont grossièrement proportionnelles à l'épaisseur.

De ce fait les réussites expérimentales (expériences du Co.S.T.I.C) de conduits minces, pourtant non isolés (fonte, amiante-ciment de 1 mm) sont particulièrement probantes [31]. La technique de la chemise céramique (tenant à 1 000°C = 2 000°F) est maintenant traditionnelle dans certains pays tels que les États-Unis ou l'Irlande, où ces chemises sont normalisées [32, 33].

Un choix systématique des matériaux est encore actuellement impossible, car il y a un certain nombre de valeurs physiques dont l'étude systématique n'a jamais été faite aux diverses températures et qui reste à faire. Quand ces valeurs seront déterminées, on pourra nettement « calculer » les conduits de fumées. Nous espérons que d'ici deux ans, cela sera possible.

Corrosion des conduits de fumées.

L'action combinée de la haute température et des produits sulfuriques de la combustion (avec en plus parfois l'humidité) limite le choix des produits pour conduits de fumées. Des indications sont données à ce sujet dans la conférence de A. Claudon, et nous ne reprendrons pas ici cette question en détail.

Certaines fontes, la céramique, l'amiante-ciment, les bétons réfractaires (de certaines catégories) résistent convenablement et permettent un choix assez large.

Le choix de tout autre matériau qui serait exposé aux fumées, pose un problème à résoudre dans chaque cas. Une systématique du problème est évidemment souhaitable.

Isolation thermique dans les conduits de fumées.

Nous avons déjà vu que l'isolation thermique du conduit pouvait réduire les contraintes thermiques de la chemise. Mais l'isolation thermique du conduit de fumées a surtout pour objet :

a) D'éviter des températures superficielles du conduit trop élevées ;

b) D'éviter une émission de chaleur excessive dans les locaux habités ;

c) D'éviter les condensations dans le conduit de fumées ;

d) D'éviter les insuffisances de tirage.

L'isolation thermique peut également avoir pour but de réduire l'agglomération des suies (voir conférence de

P. Becher p. 1187), mais il est encore actuellement assez difficile de chiffrer les conditions nécessaires pour réaliser ce dernier objectif.

a) La température limite de toute face de conduit de fumées ou de paroi comportant un ou plusieurs conduits de fumées est assez difficile à préciser. On admet des températures de 80-90°C pour les radiateurs, mais inversement certains revêtements peuvent ne pas supporter des températures de plus de 50°C. Les *Underwriters Laboratories*, qui « agréent » les procédés non traditionnels américains, adoptent les valeurs indiquées par le tableau suivant [4] :

N° d'essai	Température des fumées	Durée d'essai	Température superficielle limite
1	538 °C (1 000 °F)	jusqu'à régime	71 °C (160 °F)
2	760 °C (1 400 °F)	1 h	99 °C (210 °F)
3	927 °C (1 700 °F)	10 mn	118 °C (245 °F)

Ces conditions sont relativement très sévères. Pourtant le chiffre admis en Grande-Bretagne est aussi la température de 65°C, et la température de 80°C est effectivement une température déjà trop élevée pour le contact des mains.

Comme la température limite n'est pas choisie seulement pour cette raison, il est bon d'examiner les autres conditions, avant de discuter complètement ce point.

b) S'il s'agit de ne pas avoir d'émission de chaleur excessive dans un local habité, il nous paraît nécessaire de distinguer :

(1) le cas où le conduit est utilisé en été : le relèvement de température intérieure maximum ne devrait pas alors dépasser 2 à 4°C ;

(2 et 3) le cas où le conduit n'est pas utilisé en été :

(2) s'il est construit dans une habitation individuelle, on peut se référer au maximum pour le contact des mains ;

(3) s'il est construit dans une habitation collective, il est souhaitable que le conduit (ou les conduits) n'échauffent pas les locaux traversés de plus de 4 à 5°C, aux conditions extrêmes.

Il est facile de constater que les conditions (1) et (3) sont plus sévères dans tous les cas pratiques que la température limite superficielle de 65 ou 70°C.

c) Mais une autre condition est assez souvent plus sévère, c'est celle de limiter la température à l'intérieur du conduit à des valeurs supérieures à celle du point de rosée. Or là, les conditions ne dépendent pas seulement du point de rosée des fumées mais aussi de la température de ces fumées qui dépend de l'appareil et du combustible. En complétant le tableau donné par P. Becher on peut adopter pour point de rosée limite les valeurs du tableau ci-contre.

d) S'il s'agit enfin d'éviter les insuffisances de tirage, on peut utiliser les conclusions de l'étude faite par Van de Beek [37] sur ce sujet. Pour un conduit de 12 cm de diamètre, de 5 m de haut, de 200°C de température de fumées à la base, de débit de fumées de 15 Nm³/h, les tirages sont les suivants, en fonction de l'isolation.

Combustible	Température de rosée (maximum)
	°C
Anthracite, charbons maigres, coke.	40
Charbons flambants.	50
Tourbe, bois, lignite.	60
Propane.	60
Mazout, butane, gaz naturel.	65
Gaz de ville.	70

Coefficient de transmission du conduit (par m)	Tirage
kcal/mh °C	mm eau
0	2,5
0,5	2,15
1,0	1,75
2,0	1,2

On voit que l'isolation souhaitable doit être telle que le coefficient de transmission par mètre ne dépasse pas trop 1,0 kcal/mh°C.

Les conclusions auxquelles conduit cet objectif sont finalement moins sévères que les autres, ainsi que nous le verrons plus loin.

Il peut paraître simple, une fois ces conditions choisies, de calculer l'isolation nécessaire. En fait, il y a là quelque difficulté due à ce que les coefficients superficiels, à l'intérieur aussi bien qu'à l'extérieur du conduit, ne sont pas tous bien connus.

Pour les calculs à haute température, le coefficient superficiel interne est probablement de l'ordre de 4 à 7 kcal/m²h°C, et pour les calculs à basse température (protection contre les condensations) de l'ordre de 2,5 à 3. Le coefficient superficiel extérieur est probablement de 9 à 11 kcal/m²h°C, le premier cas correspond aux basses températures.

Les calculs d'isolation de conduit ont été développés par P. Becher, dans sa conférence et il est inutile de développer de nouveau cette question. Disons seulement que, quand on isole suffisamment pour éviter les condensations, les autres exigences d'isolation sont généralement respectées, sauf peut-être les conditions imposées par la nécessité de ne pas urchauffer des locaux traversés.

Exemple : Conduit figure 7 de P. Becher (chemise de 15 cm Φ intérieur et 2,5 cm d'épaisseur en béton de ponce, gaine en brique de 25 x 25 et (11 cm + enduit) d'épaisseur, remplissage en béton de mâchefer. $k = 0,6$ kcal/mh°C (aux hautes températures avec $h_i = 4$ à 5, $k = 0,7$ kcal/mh°C).

Température superficielle moyenne du conduit avec des fumées à 500°C : 38°C.

Emission de chaleur d'un conduit sur 2,5 m = 1 000 kcal/h

A l'étage de départ, l'émission du conduit est donc très importante, ce qui réduit la température des fumées (19,8 Nm³/h) à environ 400°C à l'étage immédiatement supérieur, d'où à cet étage une émission qui ne dépasse pas 600 kcal/h environ. Si cette émission est répartie sur deux pièces normales d'isolation courante (1,3 kcal/m²h°C) et de volume assez réduit (40 m³) l'augmentation de température de ces locaux est $\frac{300}{1,3 \times 40} = 6^\circ\text{C}$.

Le conduit est donc également de ce point de vue juste admissible.

Perméabilité aux gaz.

L'une des raisons de limiter la perméabilité aux gaz des conduits de fumées est d'éviter les pertes de tirage dues à des entrées d'air froid.

Mais la raison qui conduit à des exigences beaucoup plus sévères pour les conduits intérieurs, est d'éviter le passage des fumées dans les locaux habités.

La première condition s'applique essentiellement aux conduits extérieurs. L'étude des pressions dans le conduit, et les données sur la perméabilité des matériaux [37], permettent de calculer les entrées d'air, d'où le refroidissement et les pertes de tirage.

La seconde condition est liée à des questions très délicates : teneur en oxyde de carbone des fumées, pressions dans les conduits et les locaux, diffusion de l'oxyde de carbone, danger de l'oxyde de carbone.

Le premier point (teneur en oxyde de carbone) peut être assez facilement précisé. Car diverses mesures, en particulier suédoises [38], ont montré que l'on ne rencontrait pas dans les fumées de teneur supérieure à 1,5-2 % de CO (cas extrême).

Le second point est assez délicat. Il est en effet couramment admis que le conduit de fumées est en dépression par rapport aux locaux traversés, ce qui « aspirerait » les gaz vers le conduit. Or, cela n'est pas toujours exact : il se peut aussi bien théoriquement qu'expérimentalement, que l'extrémité haute d'un conduit soit en surpression légère par rapport au local traversé. C'est ce qui se passe en particulier si les pertes de charge sont très faibles au sommet du conduit et si le débouché est placé en dehors de la zone stagnante, mais à une hauteur insuffisante pour être dans le vent (vitesse du vent de l'ordre du quart par exemple de la vitesse à grande hauteur). Le conduit peut être alors en surpression par rapport au local d'une valeur qui ne semble pas pouvoir dépasser le tiers de la pression dynamique du vent.

Cette pression dynamique étant égale à $\frac{V^2}{16}$ mm eau, (V = vitesse du vent en m/s), le maximum est de l'ordre de 1 mm d'eau dans les cas extrêmes. Remarquons qu'il y a là une raison pour exiger avec les conduits collectifs des débouchés hauts, bien placés dans le vent.

Voyons maintenant quelle peut être l'importance de cette différence de pression. Compte tenu des perméabilités pratiques des matériaux [37], pour une différence de pression de 1 mm d'eau, on peut avoir un passage d'air qui ne dépasse pas 1 m³/m²h (sauf parois absurdes), soit 0,01 m³/m²h de CO maximum pour un conduit non fissuré.

Quel est le danger de ce phénomène? C'est là un point difficile à préciser, car il y a de grandes divergences entre les physiologistes sur le danger de l'oxyde de carbone et les teneurs limites. Il n'est pas possible d'engager une discussion sur le problème fort important de l'oxycarbonisme. Nous adopterons comme teneur limite [39] 1/10 000, tout en signalant que des teneurs nettement plus faibles et continues pourraient être nocives, problème fort important qui ne peut toutefois être discuté ici.

Dans un local de 25 m³, avec un renouvellement d'air de 0,5 vol/h, avec 0,5 m² de surface apparente de conduit, on aboutit à une teneur en oxyde de carbone de 4/10 000, si la teneur en oxyde de carbone dans le conduit est de 1 % et la perméabilité du conduit de 1 m³/m²h à 1 mm eau de dépression. Comme la perméabilité est sensiblement proportionnelle à la pression, et que la perméabilité choisie n'a rien

d'extraordinaire, on doit en déduire que le conduit de fumées peut être assez dangereux. Indiquons que cette perméabilité du conduit est de l'ordre de celle d'une fissure de 1 m de long et de 1 mm de large (sur une profondeur de 10 cm). Il est donc erroné d'affirmer, comme on le fait parfois, que seules les fissures sont dangereuses, car une fissure de 1 mm de large est une fissure très écartée, et par ailleurs le débit est à peu près *inversement proportionnel au cube* de la largeur de la fissure.

Mais ce qui est plus grave, et qui a été constamment négligé, c'est que quelles que soient les pressions dans les conduits et les locaux traversés, il y a *diffusion* de l'oxyde de carbone du conduit vers les locaux, diffusion indépendante des pressions et qui ne dépend que des concentrations. Le flux d'oxyde de carbone passant à travers le corps poreux est :

$$N = D \frac{ec}{L}$$

où

N est le flux (cm³ de CO par cm² de surface par seconde).

D le coefficient de diffusion CO-air (0,18 cm²/s environ).

e la porosité (relative).

c la concentration de CO dans les parois (cm³/cm³).

L la distance moyenne (cm) parcourue par les molécules d'une face à l'autre de la paroi (varie entre une fois et plus de deux fois l'épaisseur).

Pour une porosité de 30 % (brique), une tortuosité de 1,8 (rapport entre L et l'épaisseur réelle), une épaisseur de 10 cm, une concentration c de 1 %, $N = 0,001$ m³CO/m²h, soit environ 1/10 de la perméabilité sous 1 mm eau de dépression. On constate que la diffusion est négligeable dans ce cas, par rapport à la perméabilité. Il n'en est pas forcément toujours ainsi, mais d'une manière générale, il semble bien que la limitation de la perméabilité des parois de conduits soit suffisante pour éviter une diffusion trop forte. Mais inversement, comme la diffusion se fait même si le conduit est en dépression, la porosité du conduit doit être limitée sur toute la longueur du conduit.

Contrôle, réparations, entretien.

Trois autres questions : essais et contrôle des conduits de fumées, réparation (chemisage), entretien (ramonage), sont extrêmement importants et ont été effectivement abordés par notre Comité. Il serait toutefois prématuré d'en indiquer les résultats, dont la plupart seront sans doute présentés dans le courant de cette année.

CONCLUSIONS

Si les conclusions que nous voulons imposer aux conduits de fumées sont sévères, nous pensons néanmoins qu'elles sont justes. Certes la tradition veut que les conduits de fumées soient de construction. Or le conduit de fumées n'est qu'un moyen de transporter un fluide, et il serait totalement illogique de ne pas considérer comme possible (sous réserve d'éviter les critiques valables de ce système) des conduits amovibles ou démontables placés en gaine.

Il y aurait alors deux solutions :

Conduit de construction	{	premier type : tous combustibles
		deuxième type : combustibles gazeux seulement.

Gaine pour conduits amovibles ou démontables.

Cette distinction est fondamentale :

a) Le conduit de construction devrait pouvoir satisfaire aux conditions les plus sévères, et avoir une longue durée de vie ;

b) Le conduit amovible ou démontable pourrait être approprié à l'appareil, et peut avoir une durée de vie plus courte.

Ce serait un des meilleurs systèmes, à notre avis pour promouvoir la qualité des conduits de fumées.

Bien entendu, la fourniture faite au locataire n'est pas la même dans les deux cas, et il serait juste d'en tenir compte dans le loyer. Inversement, le propriétaire pourrait être exigeant et mettre à la charge du locataire qui en serait responsable, les détériorations de conduits de construction ou de gaine de conduits.

Aussi bien pour réaliser des conduits amovibles que pour satisfaire aux exigences fonctionnelles de disposition et de structure déjà énumérées, différentes solutions sont possibles. Nous en avons expérimenté un certain nombre, et en étudions d'autres. Il n'est pas évident que le coût de telles solutions sera beaucoup plus élevé que celui des solutions traditionnelles. Nos conclusions en ce qui concerne la limitation du nombre de conduits, permettent en tous cas de considérer que le prix total des conduits de fumées ne serait pas augmenté, malgré la garantie de qualité.

Ces solutions n'éliminent d'ailleurs pas la majorité des matériaux traditionnels ou récents.

Avant de terminer, je voudrais bien préciser que si j'accepte volontiers la responsabilité de ce que j'ai dit, et éventuellement d'avoir choqué un certain nombre d'entre vous, il est de mon devoir de préciser d'abord que nous ne prétendons pas avoir fait d'inventions (ceci pour répondre tout de suite à une question possible), ensuite que ce rapport est le résultat de travaux et de contacts qui font que dans cet exposé mon apport personnel est faible.

Bien que cette conférence n'engage pas la responsabilité d'un certain nombre de personnes avec qui j'ai eu de nombreux contacts, je tiens à les remercier tout de même, et en particulier M. Herody qui a joué un rôle très important dans la technique des conduits de fumées depuis de très nombreuses années mais qui ensuite, à titre tout à fait personnel, nous a très souvent procuré des éléments d'information extrêmement importants, et nous a soumis un certain nombre d'études qui n'ont pas été publiées.

Je tiens également à remercier la Commission technique de conduits de fumées de la Chambre Syndicale, ainsi que le Secrétariat de la Chambre Syndicale, et je tiens également à remercier un certain nombre d'autres personnes, en particulier le bureau Securitas, les représentants de différents fabricants de matériel que je m'excuse de ne pas tous citer, et bien entendu d'autres personnes, en particulier MM. les Présidents Pabanel et Rebeyrat à qui nous devons de pouvoir effectuer ces études.

Mais je tiens surtout à remercier nos collaborateurs M. Tirel et M. Claudon, chargés de la question des conduits de fumées à notre comité.

RÉFÉRENCES

- [1] H. Belz, Section des conduits de fumées, *Industries Thermiques*, 1957, n° 3, p. 155.
- [2] A. Fournol, Les conduits de fumées unitaires. Systèmes à gaine commune comportant des départs individuels, *Cahiers Bâtiment*, n° 143.
- [3] A. H. M. Basart, F. Van Beek, E. Vangunst, L. L. Mulder, Vergelijkend onderzoek van een Shuntschoorsteen en een normale schoorsteen in de T.N.O. Proefwoningen, Med n° 57, juil. 1950.
- [4] W. J. Bennett, C. H. Purkis, Experiments with shared and individual flues for gas appliances, *Institution Gas Engineers*, pub. n° 495, Londres, 1956.
- [5] J. B. Carne, T. T. White, Observations on the performance of a multiple system and of single duct for appliances with room-sealed combustion chambers, *Institution Gas Engineers*, pub. n° 496, Londres 1956.
- [6] H. Durel, La réglementation sanitaire française, *Industries Thermiques*, n° 7, 1955.
- [7] Règles de construction, d'entretien et d'emploi des conduits de fumées et de ventilation des constructions neuves, *Cahiers Bâtiment*, cahier 45, 1949.
- [8] Projet de Code des conditions minima de mise en œuvre des foyers et des conduits divers, *Industries Thermiques*, n° 6, p. 20, 1955.
- [9] R. Cadiergues, Difficultés de normaliser les sections de conduits de fumées, *Industries Thermiques*, n° 9, p. 61, 1955.
- [10] M. Véron, Le tirage naturel, *Congrès du Chauffage et de la ventilation*, Paris, 1937.
- [11] G. Ribaud, Calcul du débit des cheminées à tirage naturel, compte tenu du refroidissement et du frottement interne des fumées, *France Énergétique*, 1-2 et 3-4, 1945.
- [12] C. Hérody, De la température des gaz circulant dans les conduits de fumées, *Industries Thermiques*, à paraître.
- [13] L. Gouffe, Essais des conduits de fumées de sections réduites, effectués aux Laboratoires des Recherches Physiques du Gaz de France. *Cahiers Bâtiment*, 1951, cahier 111.
- [14] An., Measurement of chimneys diameters, *Chimney Conference Copenhagen*, 1956, Doc I (N L) 3.
- [15] C. Wachmann, A. Grant Wilson, Draft failure of domestic chimneys, *Chimney Conference Copenhagen*, 1956, Doc I (C A) 2.
- [16] E. H. Van de Beek, Defective draught in chimneys at low load, *Chimney Conference Copenhagen*, 1956, Doc I (W L) 1.
- [17] J. B. Dick, communication personnelle.
- [18] R. Pris, Aspirateurs statiques — Ventilation naturelle, *Annales Institut Technique Bâtiment Travaux Publics*, n° 98, février 1956.
- [19] J. O. V. Irminger, C. Nokkentved, Wind Pressure on Buildings : Experimental Researches (deuxième série), Copenhagen, 1936.

- [20] J. J. Wannenbourg, J. F. Van Straaten, Wind tunnel tests on scale model building as means for studying ventilation and allied problems, *J. Institution Heating Ventilating Engrs*, mars 1957.
- [21] V. Louis, Conduits de ventilation et de fumées, Paris 1956.
- [22] M. Jensen, Communication particulière, *Chimney Conference Copenhagen*, 1956.
- [23] C. P. 131-101, Flues for domestic appliances burning solid fuels, 1951.
- [24] P. Becher, Varmerisolering og Brandsikring af sma skorstene, *Ingeniøren*, n° 42, 15 oct. 1955.
- [25] D. Thin, La formation et l'élimination des suies, *Industries Thermiques*, n° 1, p. 7, 1956.
- [26] A. Claudon, Les températures maximales dans les conduits de fumées, *Industries Thermiques*, 1957, n° 1, p. 21.
- [27] A. Torp, Temperatures during fires in chimneys with shining soot, *Chimney Conference Copenhagen*, 1956, Doc I (N) 1.
- [28] C. Hérody, Fissuration des conduits de fumées (non publié).
- [29] J. Tirel, La fissuration des conduits de fumées, *Industries Thermiques*, n° 6, p. 311, 1957.
- [30] A. Claudon, J. Tirel, Observations expérimentales sur les fissures de conduits de fumées, *Industries Thermiques*, n° 6, p. 319, 1957.
- [31] National Board of fire Underwriters, National Building Code, 1951 (see 1001-1006).
- [32] American Standard, Sizes of Clay Flue Linings, ASA, A 62.4, 1947.
- [33] Norme irlandaise sur les chemises céramiques (Trad. I. T. B. T. P.).
- [34] C. Wachmann, A. G. Wilson, Domestic Chimneys in Canada, *Chimney Conference Copenhagen*, 1956, Doc I (C A) 1.
- [35] W. Gumz, Kurzes Handbuch der Brennstoff-und Feuerteknik, Berlin 1953.
- [36] L. K. Kendle, R. D. Wilsdon, The prevention of acid condensation in oil-fired boilers, *J. Institute Fuel*, n° 9, p. 372, 1956.
- [37] E. H. Van de Beek, Chimneys for the heating of rooms, *Chimney Conference Copenhagen*, 1956, Doc I (N L) 2.
- [38] R. Cadiergues, La perméabilité des bâtiments à l'air, aux gaz et aux vapeurs, *Ann. I.T.B.T.P.*, n° 69, 7-1953.
- [39] P. Hammarfors, Memorandum on present investigations of carbon monoxide hazards from chimneys, *Chimneys Conference Copenhagen*, 1956, Doc I (S) 1.
- [40] Températures, degrés hygrométriques et taux de ventilation recommandés, *Industries Thermiques*, 1956, n° 2, p. 87.
- [41] W. Häusler, Technisches Handbuch des Hausbrandes, Zürich, 1950.
- [42] Documents U B R, 1954, 1955, 1956.
- [43] L. Alviset, La résistance au choc thermique des conduits de fumées en terre-cuite, *Terre Cuite*, n° 33, 1955.
- [44] V. Loup, Des conduits de fumées, *Techniques Architecture*, n° 11-12, 1946.
- [45] C. Hérody, Bistre, suie, calcin, *Ann. I. T. B. T. P.*, n° 28, juin 1948.

M. le Président Roubaud. — Nous vous remercions de cet exposé et je crois que vous avez apporté une grande moisson qui va sûrement provoquer de nombreuses questions.

Avant de commencer la discussion, je passe la parole à M. Missenard qui va vous communiquer les renseignements résultants des travaux récents de Chrenko au sujet du chauffage par le sol, ces résultats recoupent ceux obtenus par M. Missenard et font que les températures limites admissibles pour le sol sont maintenant précisées sans contestation.

COMMUNICATION DE M. MISSENARD

au sujet du chauffage par le sol.

M. Chrenko, collaborateur de M. Bedford, vient de publier, dans le « British Journal of Industrial Medicine », le résultat de ses recherches au Medical Research Council Laboratories sur « les effets de la température de la surface du sol et de l'air sur la sensation de chaleur et la température de la peau des pieds ».

Ces recherches viennent compléter et corroborer celles que nous avons faites en France, M. Maréchal au Laboratoire du Bâtiment et des Travaux Publics et moi-même, à Saint-Quentin.

Vous vous rappelez que j'avais défini la notion de température résultante du pied en fonction de la température superficielle du sol Θ et de la température sèche de l'air ts à quelques centimètres au-dessus du sol. Cette température résultante sèche du pied, que j'avais appelée $tprs$, était mesurée à l'intérieur d'un pied creux artificiel, chaussé et placé, dans les mêmes conditions que le pied humain. Différents essais *in vivo* avaient montré que la sensation de chaleur aux pieds dans un local où l'air était à ts et le sol à Θ était la même que celle provoquée par le même local lorsque l'air et le sol ont tous deux la température $tprs$. Autrement dit, cette température sèche résultante du pied est un repère satisfaisant de la sensation de chaleur.

Différentes enquêtes portant sur un grand nombre de personnes ont permis de déterminer le pourcentage de sujets, alternativement assis et debout, satisfaits et insatisfaits, par certaines conditions de température résultante sèche du pied :

1° Lorsque l'air et le sol sont à la même température (enquête faite dans les bureaux chauffés par radiateurs);

2° lorsque l'air et le sol sont à des températures différentes, et même très différentes, la différence pouvant atteindre plus de 30° (enquête faite sur des dalles chauffantes installées à la Basilique de Saint-Quentin).

Ces enquêtes ont indiqué qu'il y avait moins de 10 % de ces sujets mécontents lorsque la température résultante sèche des pieds était comprise entre 21,5° environ et 17,5° environ, l'idéal, pour les Français, se plaçant entre 19,5° et 20°.

La température sèche résultante déterminée par des moyens physiques avait été trouvée légèrement différente suivant le type de chaussures, et finalement j'avais adopté l'expression suivante :

$$tprs = 0,62 ts + 0,38 \Theta.$$

M. Chrenko opérant :

a) par la mesure de la température de la plante des pieds ;

b) par le repérage de la sensation de chaleur aux pieds, grâce à des méthodes physiques et statistiques complètement différentes des nôtres ;

est arrivé à la conclusion que l'on peut exprimer de la façon suivante, en passant des températures Fahrenheit aux températures centigrades :

La sensation de chaleur est correctement repérée par les expressions statistiques suivantes, moyennes entre les hommes et les femmes :

— pour les sujets assis : $0,61 ts + 0,39 \Theta$

— pour les sujets en marche : $0,58 ts + 0,42 \Theta$.

Ces expressions sont très voisines de notre expression de la température résultante sèche des pieds, et l'on peut adopter l'expression moyenne simplifiée : $0,6 ts + 0,4 \Theta$.

Autrement dit, on peut repérer la sensation de chaleur aux pieds dans un local où l'air est à ts et le sol à la température Θ par l'expression : $tprs = 0,6 ts + 0,4 \Theta$, que les sujets soient immobiles ou marchent dans ce local.

Pour déterminer la température maximum du sol dans la mesure où l'on veut que 90 %, au moins, des sujets soient satisfaits, il faut donc opérer de la façon suivante :

1° déterminer les limites de $tprs$ entre lesquelles 90 % des sujets sont satisfaits ;

2° déterminer également la température de l'air désirable au niveau de la tête, en fonction de l'activité des sujets ;

3° calculer par l'expression indiquée en fonction des deux données précédentes, la température maximum admissible pour Θ .

Exemples :

a) pour des sujets assis, en France :

$$tprs \text{ maximum} = 21,5^\circ$$

$$ts = 18^\circ$$

$$\text{d'où } \Theta \text{ maximum} = 28^\circ \text{ environ.}$$

Par temps moyen, c'est-à-dire lorsque la température extérieure sera de + 5°, la température du sol ne sera que de 23° et la température résultante sèche des pieds sera de 19,4° ce qui correspond au maximum statistique de confort.

b) pour des sujets marchant dans un local à une vitesse voisine de 4 km/s.

Une enquête faite sur quelques sujets semble indiquer qu'il y a moins de 10 % de sujets français mécontents, lorsque la température sèche résultante du pied ne dépasse pas 19°. De plus, en raison de la dépense énergétique, une température de 15° au niveau de la tête est satisfaisante. Cela conduit à une température maximum du sol de 25°.

M. Chrenko a trouvé que toutes les personnes marchant dans sa dalle d'essai avaient une sensation confortable aux pieds lorsque l'air était à 20° et le sol à 25°. Il conseille, par mesure de prudence, de limiter cette température du sol à 24°. Cela donnerait donc une température résultante sèche du pied de :

$$(20 \times 0,6) + (24 \times 0,4) = 21,6^\circ.$$

Il est certain que ces températures paraissent excessives aux Français et que les limites que nous avons indiquées ci-dessus sont beaucoup plus sévères.

En résumé, on peut admettre que dans un local chauffé par le sol, la température de l'air variera de 18 à 15°, suivant la rapidité de la marche des sujets et que, parallèlement, la température du sol variera de 28 à 25°.

De même, en fonction du résultat des expériences de la Basilique de Saint-Quentin, on obtiendra, dans des locaux non chauffés, une impression satisfaisante de chaleur aux pieds, en portant le sol à une température d'autant plus élevée que l'air sera plus froid, c'est-à-dire allant de 39° pour un local à 5°, à 30° pour un local à 11°.

Dans ces conditions, il y aura plus de 90 % des sujets satisfaits en France, les 10 % restants se répartissant, plus ou moins également, entre ceux ayant légèrement froid aux pieds et ceux ayant légèrement chaud.

La concordance des conclusions de M. Chrenko avec les nôtres permet de considérer comme pratiquement résolu, en l'état actuel de la question, le problème si important de la température optimum du sol dans le chauffage par rayonnement.

M. le Président Roubaud. — Nous remercions le Président Missenard de cette communication.

DISCUSSION

M. HÉRODY dans une intervention faite sous une forme humoristique montre la nécessité d'une arrivée d'air frais pour le bon fonctionnement d'un quelconque appareil de chauffage, quelques amorces de calcul confirment le rappel de ce principe trop souvent négligé et dont l'oubli est fréquemment la cause d'incidents, voire même d'accidents.

M. ROUBAUD. — Je remercie le Président HÉRODY de cet exposé supplémentaire.

M. FOURNOL. — Je voudrais me permettre de féliciter M. CADIERGUES d'avoir fait une conférence d'avant-garde, parce que je pense que l'avant-garde finit toujours par avoir raison.

M. CADIERGUES a parlé de l'incompatibilité entre les réglementations étouffantes et les progrès techniques. Il a raison, et je crois en effet comme lui que le problème des conduits de fumées a été dès l'origine un peu étouffé par une réglementation trop exclusivement basée sur les modes traditionnels.

Nous avons fait de gros efforts au C. S. T. B. pour assouplir cette réglementation. C'est ainsi que nous avons obtenu que le nombre des conduits de fumées soit réduit dans les appartements. Je vous rappelle qu'autrefois il fallait, pour construire, faire un conduit par pièce, et qu'à l'heure actuelle il en faut beaucoup moins; cela n'a pas été facile à obtenir. On a obtenu également qu'on introduise en France les conduits unitaires et à ce propos M. CADIERGUES estime qu'on aurait encore pu aller plus loin et être plus libéral.

Je suis heureux de l'entendre dire, parce que pendant longtemps nous avons subi, à ce sujet, le reproche d'avoir été trop audacieux. Je n'insisterai pas. Je crois qu'il y a encore des études à faire, qui sont extrêmement difficiles, pour voir dans quelle mesure on peut être plus audacieux, comme certains pays le sont. Et je pense que si nous n'avions pas introduit certains systèmes de conduits unitaires dans les habitations, notamment dans les bâtiments de grande hauteur où ils sont indispensables, à l'heure actuelle en France, il n'y aurait pas de conduits unitaires, ni ces systèmes qui ont été autorisés, ni les autres.

Nous avons également insisté pour que la réglementation autorise d'autres matériaux que les terres cuites. Il y a seulement sept ou huit ans une interprétation restrictive des règlements français n'autorisait que les fabrications en terre cuite, alors que maintenant on fait d'autres matériaux; des bons ou des mauvais certes mais les progrès techniques permettent qu'on en fasse de bons et les matériaux se perfectionnent au fur et à mesure.

Nous avons également insisté pour que certains matériaux considérés jadis comme moins bons ou inadéquats puissent être étudiés et améliorés, et les règlements permettent maintenant de fabriquer ces nouveaux matériaux en France.

Nous bataillons beaucoup pour la modification de la règle simpliste de dépassement des conduits par rapport aux constructions, dites du « quarante centimètres » ou du « un mètre », qui bride le progrès. Cette règle insuffisante parfois et excessive dans d'autres cas, mériterait d'être assouplie dans un sens plus utilisable, mais nous rencontrons quelques difficultés à l'obtenir.

Ces difficultés sont des difficultés de fait et non pas des difficultés de principe. Je serais d'accord comme l'a suggéré, je crois, M. CADIERGUES pour que la réglementation française tienne en trois lignes. Ces trois lignes, on les a trouvées, on les a même écrites, elles ne sont pas mauvaises; mais il y a, à cette simplification, plusieurs difficultés qui sont en gros les suivantes.

Une première difficulté, c'est le camelotage actuel de beaucoup des constructions, camelotage qu'il faut bien trop souvent constater, dû à des raisons profondes et qu'il est très difficile d'éviter avec ou sans règlement.

Une autre difficulté est l'insuffisance des experts compétents. Il est évident que le règlement de trois lignes serait la formule s'il y avait pour chaque localisation géographique, sur place, un nombre suffisant d'experts de la qualité du Président HÉRODY, du conférencier, et de plusieurs autres spécialistes que je vois dans cette assemblée. Mais des experts vraiment compétents en matière de conduits de fumées, il y en a assez peu, et insuffisamment pour faire appliquer correctement un règlement de trois lignes, voire même un règlement de deux pages.

Je voulais soumettre ces observations à votre bon sens. J'ajoute que le conduit de fumée est construit par le maçon en général, je crois savoir que les installateurs thermiques, dont je suis l'hôte aujourd'hui, ont toujours quelque peu discuté cette façon de faire.

Je constate en tout cas un fait que nous n'avons pas le pouvoir de modifier : les conduits de fumées sont construits par les maçons. Parmi eux, il y a d'excellents constructeurs de conduits de fumées, mais tous ont besoin de textes, réglementaires ou analogues, ne serait-ce que parce qu'ils connaissent mal les problèmes de tirage, de dilatation thermique, etc...

Voilà donc encore une autre difficulté à laquelle il faut songer et qu'il conviendrait de résoudre dans les meilleures conditions possible.

Au point de vue technique, je n'ai pas eu le temps d'étudier d'assez près le texte de M. CADIERGUES, mais je suis très largement d'accord sur une foule de points avec lui, en particulier en ce qui concerne la température des fumées en bas des conduits. Je suis tout à fait certain qu'elle est plus élevée qu'on ne l'a cru pendant longtemps, nos constatations se retrouvent avec celles de l'exposé.

Il est exact aussi que l'effort maximum qui provoque la rupture des éléments de conduits se produit très généralement non pas au choc thermique, comme effectivement on l'a entendu dire pendant assez longtemps, mais lorsque l'état de régime est atteint. À ce point de vue le C. S. T. B. fait sur les nouveaux matériaux des conduits de fumées des tests qui n'ont pas l'ambition d'épuiser la question, mais constituent un dégrossissage, un choix préalable. Nous avons choisi comme température pour le test significatif 500°C. On peut discuter sur ce choix, car on peut en effet rencontrer des températures plus élevées dans les conduits, mais enfin cette température est quand même déjà assez forte.

Il est à remarquer d'ailleurs à ce propos que nos essais sont plus sévères parce que notre débit de fumée est un peu plus élevé que dans l'utilisation habituelle, ce qui majore le coefficient de surface. Par conséquent, nos 500°C correspondent peut-être à 550° ou 600°C dans les conditions naturelles. Enfin, nous poussons les essais pendant une heure et demie. Cela ne correspond pas tout à fait à l'état de régime atteint, mais ne doit pas en être très loin.

A propos de la fissuration, je voudrais ajouter une petite remarque parce que M. CADIERGUES n'a pas pu tout traiter, elle me paraît importante parce qu'à l'heure actuelle on reproche aux conduits de fumées leurs fissurations. Il est exact que dans beaucoup de constructions nouvelles on observe des conduits de fumées fissurés. Je puis affirmer que beaucoup de ces fissurations ne sont pas d'origine thermique, beaucoup sont des fissurations à froid, et cela pose un très grave problème que je soumets à la sagacité des chercheurs.

Je crois que ces fissurations sont dues principalement à deux causes. L'une d'elles est le fait que certains matériaux sont utilisés alors qu'ils n'ont pas atteint un degré de stabilité dimensionnel suffisant.

Et il y a surtout un deuxième problème concernant les constructions nouvelles qui prend de plus en plus d'importance, c'est la construction des conduits de fumées sans adossement. Ces conduits sont placés dans des conditions de stabilité à froid extrêmement différentes des conduits de fumées dont vous avez l'habitude, selon la conception du mur à cheminée qui est classique dans la profession.

En outre ces conduits de fumées nouveaux se trouvent dans des constructions modernes, dont les planchers n'ont pas la même rigidité que les planchers traditionnels, et présentent des phénomènes de fluage, de déformation différée extrêmement délicats et difficiles à prévoir. Ces phénomènes peuvent aussi expliquer souvent les fissurations des constructions nouvelles.

J'ai été plus long que je n'aurais voulu l'être, mais j'ai simplement voulu verser quelques petites remarques au dossier, remarques qui ouvrent encore des champs de prospection, je crois, extrêmement fructueux.

M. WENBERG. — Je me permets d'indiquer qu'on utilise peu et même jamais dans la construction des cheminées en briques un enduit à la chaux lourde. Je l'ai expérimenté plusieurs fois, et j'ai constaté que le phénomène de fissuration superficielle est moindre que dans le cas où l'on emploie un mélange de chaux et de ciment. Or, la fissuration est un risque constant dans le revêtement de ces cheminées en briques.

M. FOURNOL vient de parler du problème posé par les cheminées qui ne touchent pas au bâtiment, mais il y a des possibilités de rendre ces cheminées moins flottantes, en pratiquant une liaison souple entre elles et chaque plancher.

Du reste, les planchers sont presque toujours liés aux chaînages qui sont plus épais que la dalle elle-même. Par conséquent, je pense que la question de la cheminée est une chose, mais qu'il faut éviter surtout le balancement de la cheminée par rapport à son socle.

Je pense qu'on ferait bien, à mon avis, d'utiliser pour le revêtement des cheminées en briques de la chaux lourde. On supprimera aussi des phénomènes de faïencage. Une autre amélioration consiste à lier la cheminée au chaînage par un dispositif souple, il y en a plusieurs qui sont possibles.

M. DE GRAVE. — Je regrette d'abord que dans le paragraphe de l'exposé de M. CADIERGUES consacré à la section des conduits, il soit fait mention d'une formule qu'il a signalé lui-même comme étant erronée.

Je crois que cette formule, n'en déplaît à M. HÉRODY, a été une des causes principales des maux actuels. En effet, les constructeurs et les architectes en particulier, se sont exagérément concentrés sur la question de la section, alors qu'il est évident que l'application pure et simple de cette formule conduit à des énormités puisqu'on pourrait prouver qu'une cheminée de un mètre suffit à condition d'en augmenter la section suffisamment; je regrette que cette formule soit reprise dans un exposé aussi brillant que celui de M. CADIERGUES, parce qu'elle devrait être condamnée absolument.

Un peu plus loin M. CADIERGUES indique des vitesses calculées avec de l'air normal, vitesses qui sont variables suivant la puissance. Or, à mon avis, il n'y a aucune raison, pour une cheminée desservant une chaudière de chauffage central, d'admettre une vitesse plus grande; si la puissance de la chaudière devient plus grande, il est nécessaire d'admettre dans tous les cas une vitesse suffisamment importante pour tenir compte du fait que la plupart de nos chaudières sont réglées pour fonctionner avec un régime qui est loin de la puissance nominale pendant une grande partie de l'année, et par conséquent ce qui devrait être, à mon avis, le critère nécessaire et suffisant pour différencier les vitesses admises, c'est le type d'exploitation.

Si nous considérons une chaudière fonctionnant tout le temps à sa puissance nominale ou maximum, nous pouvons admettre une vitesse relativement faible; le contraire est vrai si nous consi-

dérons une chaudière qui fonctionne la moitié du temps à 40 % de sa puissance maximum. La question de l'exploitation est plus importante que la question de la puissance.

Je partage également l'opinion du précédent orateur à propos de l'utilisation de la chaux; M. CADIERGUES nous a montré des cheminées en briques faïencées, fissurées, et je crois qu'il pourrait en résulter dans l'esprit de beaucoup de personnes une espèce de condamnation de la cheminée en briques.

Je le crains d'autant plus que M. CADIERGUES et son collaborateur nous ont montré des conduits de toute espèce, à base de béton, plus ou moins variables en composition. J'attire l'attention sur le fait suivant. Avant la guerre de 1914-1918, la question du rendement des chaudières et surtout des appareils domestiques, était beaucoup moins poussée qu'à l'heure actuelle. Il est évident que les températures de sortie de fumées avant la guerre de 1914-1918 étaient supérieures à celles qu'on atteint maintenant puisque tous les règlements intelligents ont fait en sorte de réduire la température de sortie des fumées.

Or, avant la première guerre mondiale, l'expérience de firmes construisant des cheminées industrielles, a prouvé qu'on avait moins d'ennuis au point de vue de la fissuration des cheminées qu'actuellement et cela du fait que l'on n'utilisait pas de ciment pour les mortiers. Cette opinion des constructeurs spécialistes est absolument formelle, et elle est d'ailleurs partagée par les Allemands qui ont normalisé la question des mortiers.

Il faut donc éviter l'emploi de ciment, parce qu'il semble favoriser les fissurations. Je vous signale à ce sujet qu'en Belgique l'Institut Belge de Normalisation a créé une commission spécialisée dans l'étude des mortiers, non seulement pour les cheminées mais également pour les autres maçonneries. Je crois que la grande quantité de fissurations dont nous parlait M. FOURNOL à propos d'un « camelotage » de la construction provient de ce que le problème du retrait n'a pas été assez envisagé et que nous nous sommes trop concentrés sur les questions de résistance aux contraintes maxima.

Enfin, je signale à M. CADIERGUES que si je suis entièrement d'accord avec lui sur le fait que la plupart des règlements constituent un frein au progrès technique, il y a une tendance très nette actuellement à élaborer des règlements progressistes.

M. CADIERGUES se plaint par ailleurs de ce qu'on ne dispose pas en France de renseignements sur les pertes de charge dans les circuits du gaz des chaudières aux différentes allures.

Je me permets de signaler à ce sujet que la norme NBN 234 « Essais des chaudières de chauffage central » qui paraîtra très prochainement, imposera de déterminer le rendement thermique et les caractéristiques de fonctionnement parmi lesquelles la dépression nécessaire à la boîte à fumées (donc la perte de charge dans la question ci-avant) et cela pour au moins trois puissances comprises entre 10 % et 100 % de la puissance nominale, ce qui permettra de tracer une courbe de la dépression (et donc de la perte de charge) en fonction de la puissance.

L'obtention des mêmes renseignements est imposée pour les autres appareils de chauffage domestiques ou industriels.

La tendance générale en Belgique est de rédiger des règlements qui imposent des « critères de qualité » ou des « performances » et la vérification de l'obtention de ces critères au moyen d'essais techniques permettant d'ailleurs de déterminer d'autres caractéristiques de fonctionnement intéressantes.

De tels règlements qui imposent non pas des moyens mais des buts à atteindre en laissant les constructeurs libres d'obtenir ces buts par les moyens qu'ils désirent, de tels règlements ne constituent pas un frein, bien au contraire, ils sont un adjuvant pour le progrès.

M. HÉRODY. — Je voudrais répondre à M. le Professeur DE GRAVE sur certains points.

La formule indiquée dans la plupart des traités de chauffage était la formule de Montgolfier qui donne à la fois la section en fonction de la hauteur et de la quantité de combustible brûlé, avec un nombre de calories déterminé. Il est évident que cette formule est extrêmement empirique, et qu'on est navré d'être obligé de l'employer mais elle a toutefois un intérêt pratique.

Il y a d'autres formules pour un calcul correct comme celles du Professeur VÉRON dans lesquelles en dehors du terme $1 + R$ qui est en dénominateur et qui donne la résistance, intervient également la dépression à l'intérieur de la cheminée, qui tient compte de tout ce qu'il y a avant, y compris l'appareil même de chauffage.

Mais alors il faut connaître ce qu'on appelle les courbes caractéristiques des appareils. Or, j'ai depuis des années, cela fait maintenant vingt ans, demandé que les constructeurs donnent les courbes caractéristiques de leurs appareils : c'est le poids de combustible brûlé en fonction de la puissance en calories des appareils qui nous intéresse ainsi que la température des fumées et la quantité de CO_2 qui permet d'avoir la quantité d'air nécessaire, la dépression, et enfin la courbe de rendement avec la zone d'utilisation normale, mais les constructeurs ne nous ont jamais donné ces renseignements.

En Belgique, grâce à vous M. DE GRAVE, vous êtes arrivés à obtenir que pour les grands projets, on vous donne trois points de la courbe de rendement, c'est déjà beaucoup, mais si on avait ces renseignements on pourrait alors construire des conduits de fumées d'une tout autre manière que ce que l'on fait actuellement.

Je tiens à bien mettre cela au point pour que vous ne critiquiez pas trop ce que l'on est obligé de faire, faute de mieux.

M. SIMON. — Nous avons vu dans la revue « Industries Thermiques » quelques formules simples données par M. CADIERGUES, qui permettaient de calculer un conduit avec quelques éléments. Il est stupéfiant de voir que lorsque l'on fait ces calculs pour une cheminée donnée on a des résultats variant du simple au double.

M. CADIERGUES. — Du simple au triple.

M. SIMON. — Il est certain qu'il y aurait lieu d'uniformiser ces formules, et de faire quelque chose de simple, qui serre d'assez près la réalité, car je connais peu de gens qui seraient capables d'employer avec fruit la formule du professeur VÉRON.

La cheminée dans un bâtiment est le parent pauvre de la construction. Elle est calculée par le chauffeur, exécutée par le maçon, et il faut que cela s'harmonise avec les conceptions esthétiques de l'architecte. Lorsqu'interviennent en plus les bureaux de coordination qui sont là pour compliquer les choses, l'exécution convenable et rapide d'un tel conduit est des plus difficiles à bien conduire.

M. HÉRODY. — Et c'est très important au point de vue des tribunaux. J'ai demandé au Professeur VÉRON d'établir des formules de tirage; mais, comme expert des tribunaux, je tiens à vous faire toucher du doigt l'importance de la question, car quelle que soit la formule que vous emploieriez, elle n'a aucune valeur.

Si tout marche bien, il n'y a pas de procès; si cela ne marche pas, un expert est nommé qui est appelé à discuter avec les gens qui sont devant lui. Vous avez des constructeurs qui vous indiquent dans leurs catalogues : pour telle puissance, pour telle hauteur, voilà la section que moi je vous indique. Si vous en mettez une autre, si cela marche bien, tant mieux, si cela ne marche pas, c'est vous qui êtes responsable. Et le tribunal jugera de cette façon, car il ignorera complètement toutes vos compétences techniques ou mathématiques sur la question.

Or, avec un constructeur que je ne citerai pas, les cheminées ont été réalisées suivant les indications des fournisseurs des appareils et les chaudières de chauffage à mazout installées ont fonctionné normalement, et dans d'autres endroits ces mêmes indications ont donné les pires déboires.

Vous pouvez rétorquer qu'ayant appliqué la formule du fournisseur, c'est ce dernier qui doit être responsable. Eh bien non, c'est vous qui êtes responsable.

M. SIMON. — Dernièrement, j'ai eu l'occasion de demander à un fournisseur de chaudières en acier, des renseignements pour le calcul d'une cheminée, il m'a conseillé de prendre la feuille de renseignements de son confrère et de multiplier par 0,7, je devais ainsi obtenir à peu près la section.

M. MONDIN. — J'interviens au sujet des fissurations dans les cheminées en briques; M. CADIERGUES nous a montré qu'elles se produisaient toujours dans les joints.

Généralement, ce sont des fissures qui ne proviennent pas de la fumée, mais simplement de la mauvaise confection de la maçonnerie. Tout à l'heure, un interpellateur a parlé du remplacement du ciment par la chaux lourde, mais on peut très bien utiliser du ciment à condition de prendre celui qu'il faut pour réaliser de très bons joints. Je citerai à ce sujet un gratte-ciel en Suisse, à Bâle ou à Zurich, où les murs de même que les cheminées ont été faits depuis le bas jusqu'en haut, avec des briques triées, la hauteur correspondant à une douzaine d'étages. Les joints ont été très soignés de façon qu'on ait la même résistance que celle de la brique, ce qui n'est pas généralement le cas, et là je rejoins, je pense, l'avis de M. CADIERGUES.

M. CADIERGUES. — J'ai dit que quand les joints étaient excellents la brique se fissurait, et non le joint.

M. MONDIN. — C'est exact, la fissuration est due simplement à une mauvaise qualité des joints.

M. CADIERGUES. — Il n'y a aucun jugement de qualité à apporter sur la longueur des fissures qui apparaissent sur les figures. Les exemples donnés le sont pour montrer la forme des fissures, et ces figures ne permettent absolument pas de dire que le béton est supérieur à la brique parce qu'il y a moins de fissures.

Ce que j'ai voulu vous montrer c'est la forme des fissures et non pas leur longueur et leur importance.

M. MARCQ. — A propos de la communication de M. BECHER, dans le tableau dont la dernière colonne donne le point de rosée des fumées, je suppose qu'il s'agit du point de rosée pour un excédent d'air nul?

A propos de la communication de M. CADIERGUES, je voudrais insister sur un point qui mériterait d'être souligné. Quand on a à construire une cheminée dans un bâtiment élevé, il faut veiller à ce que la dilatation du corps de cheminée ne provoque pas de désordre dans le bâtiment lui-même, il faut donc que cette cheminée puisse se dilater librement par un moyen quelconque. Nous avons eu un cas en Belgique où une cheminée incorporée au bâtiment a entraîné la dalle de toiture et provoqué des désordres assez graves.

Un autre point : lorsque dans un conduit de fumée on prévoit des espaces d'air, il y a en principe intérêt à ce que ces espaces soient librement communicants du haut en bas de la cheminée, parce que dans ces conditions la température dans la partie supérieure de l'espace d'air sera plus élevée que dans le bas; or c'est précisément à la partie supérieure de la cheminée que, pour éviter d'atteindre le point de rosée, on a intérêt à ce que la température de la face intérieure du conduit de fumée soit la plus haute possible avec des gaz déjà refroidis.

M. BECHER. — Dans la dernière colonne, le point de rosée est donné pour un excès d'air de 50 %. Les chiffres sont un peu supérieurs à ceux de la colonne 2, en raison de la présence des composés sulfuriques.

M. CADIERGUES. — Je n'ai pas d'objections à faire à ce que vous avez dit, je suis même très heureux que vous ayez parlé des espaces communicants du bas en haut, car il est de tradition en France de considérer ces espaces d'air comme nuisibles, et dans de nombreux cas on demande à ce que les éléments comportant des vides d'air soient borgnes, ce qui est une erreur à mon avis.

M. ASSELBERGS. — Je voudrais souligner expressément l'importance que M. BECHER attache au coefficient de transmission très bas pour la construction des parois de cheminées, à tous points de vue, tirage et point de rosée, ensuite je voudrais demander à M. CLAUDON ce qui se passe dans les cheminées en tôle d'acier, pendant l'hiver; si on évite la corrosion par suite de condensation pendant l'hiver en mettant du calorifuge autour du conduit, que se passe-t-il néanmoins pendant la période d'été? J'ai quelques craintes.

M. CLAUDON. — C'est tout le problème de la corrosion de l'acier et cela risque d'être un peu long à exposer, mais il y a de grandes chances pour que l'acier se corrode si l'atmosphère est humide, ce qui peut être le cas, malgré tout, même en été.

C'est un inconvénient. C'est pour cela qu'aux Etats-Unis, les constructeurs disposent une chemise réfractaire intérieure pour protéger le conduit contre la corrosion.

M. le Président Roubaud. — Messieurs, avant de terminer cette Session, je vais donner la parole à M. le Président Missenard car l'heure s'approche, et il doit résumer ces trois Journées.

CONCLUSION DU PRÉSIDENT DES JOURNÉES

M. le Président Missenard. — La tradition voudrait que je fisse un petit discours pour clôturer ces journées, mais l'heure est avancée, je vous félicite d'en être dispensés! ...

Je tiens à remercier les présidents successifs de ces séances qui ont dirigé les débats avec maîtrise.

Trois enseignements essentiels semblent se dégager de ces journées.

Le premier est le développement de plus en plus marqué du transport de la chaleur à grande distance. Cette évolution normale de notre industrie provoque de plus en plus de recherches sur l'isolement des conduites et le calcul des canalisations, afin de réaliser les réseaux les plus économiques d'installation et d'exploitation.

M. le Professeur Livtchak vous a montré que les installations urbaines, que certains appellent du mot heureux de « téléchauffage » se développent beaucoup en Russie. L'installation de Moscou est environ quatre fois plus importante que celle de Paris. Qui sait si d'urbaines, elles ne deviendront pas régionales, voire internationales en traversant certaines frontières?

La journée consacrée au conditionnement a mis en évidence la nécessité de mieux faire connaître au grand public les possibilités de nos techniques et le bénéfice qu'il pourrait tirer du conditionnement pour améliorer les conditions de travail, pour le profit soit de l'ouvrier, soit de la matière.

Je rappelle à notre jeune ami Blondel qu'il nous a promis de terminer rapidement la rédaction du cours qu'il professe, sous ma direction, à l'École supérieure du Textile qui constituera un document d'une valeur exceptionnelle pour les professionnels et les usagers du conditionnement.

Le dernier enseignement souligné par M. le Professeur Burnay est la nécessité d'introduire les méthodes opérationnelles dans nos études. C'est d'autant plus opportun que nos techniques font intervenir aussi bien les questions économiques et humaines que physiques. Il faut donc s'efforcer, dans l'étude de ces problèmes, de tenir compte simultanément de ces différents aspects, voire des impondérables, et non seulement des éléments physiques. Bien sûr, les décisions où interviennent ces impondérables sont plus du ressort des pouvoirs publics que des techniciens, mais encore faut-il que ces pouvoirs soient judicieusement éclairés. Je suis particulièrement heureux de saluer ici les brillants représentants des pouvoirs publics de Belgique, et en particulier M. l'Inspecteur général de Grave.

Je ne puis que déplorer que la France ne soit pas aussi flatteusement représentée...

Pour terminer, je dois vous dire que j'avais, personnellement, quelque inquiétude pour la dernière demi-journée. Nous craignons, en effet, que les conceptions relativement nouvelles de nos jeunes collaborateurs sur les cheminées, ne se heurtassent avec trop de violence aux opinions traditionalistes des vieux praticiens... Il n'en a rien été et je remercie les uns et les autres de leur parfaite courtoisie.

De plus en plus, on se rend compte effectivement que la cheminée est un des éléments essentiels des installations de chauffage et l'on ne comprend pas que sa construction ait été si négligée pendant des décades, puisque, souvent même, elle se faisait avant que l'installateur de chauffage fut consulté. Aussi, de plus en plus, voyons-nous se dessiner, en France, la tendance à laisser à l'installateur de chauffage, la charge de la construire, sous sa responsabilité, à l'emplacement qui lui sera réservé en temps utile par l'architecte et l'entrepreneur de gros-œuvre.

Enfin, suivant la coutume, je demanderai encore aux auditeurs de bien vouloir nous signaler les sujets qu'il serait opportun de traiter au cours des prochaines journées internationales.

Selon la tradition encore, ne recevrons-nous probablement aucune suggestion! ce qui n'empêchera pas certains auditeurs d'émettre des critiques!... Nous leur en sommes néanmoins reconnaissants, car elles permettent de se perfectionner.

Il me reste maintenant la tâche agréable de remercier les brillants animateurs de notre profession, en particulier les Présidents Pabanel, Fichard et Rebeyrat, qui sont à l'origine du succès de ces manifestations périodiques.

Le mérite de la réussite des journées de 1957 revient, en plus des présidents des séances et des conférenciers aux différents organisateurs, en particulier M. Guérin, Directeur adjoint de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, M. l'Inspecteur général Weber et M. Cadiergues.

Pour ne pas vous infliger la lecture d'un palmarès, je remercie simultanément tous les conférenciers, ainsi que nos confrères présents, et surtout nos collègues étrangers, qui ont bien voulu se déplacer pour nous apporter le bénéfice de leur expérience.

Je crois savoir qu'il est dans les intentions de l'Institut Technique de renouveler ces journées dans deux ans, et par avance je puis vous assurer que nous serons heureux de vous accueillir.

DISCOURS DE M. LE PRÉSIDENT MISSENARD

prononcé à l'occasion de la remise des

MÉDAILLES D'OR FRANÇAISES DE LA SCIENCE DES CLIMATS ARTIFICIELS

J'ai maintenant la très agréable mission de procéder à la remise des « médailles d'or françaises de la science des climats artificiels ».

La création de cette distinction est destinée à marquer, avec un certain éclat, un tournant important de la technique des climats artificiels.

L'art du chauffage des habitations, resté empirique pendant des millénaires, est devenu, en quelques décades, une science à la création de laquelle les personnalités que nous honorons aujourd'hui ont particulièrement collaboré.

A l'encontre des sciences classiques, essentiellement matérialistes, la technique des climats artificiels présente deux aspects différents : d'abord un côté physique qui la rattache à la thermo-dynamique générale ; ensuite un côté humain. Longtemps, son premier aspect fut seul pris en considération. Par l'application des recherches plus générales de nombreux savants, parmi lesquels je citerai particulièrement en France Dulong et Petit, Fourier, Ser et Pecllet entre tant d'autres disparus, l'art du chauffage domestique se rattache de plus en plus à la mécanique des fluides et à la physique thermique. N'ayant pas l'intention d'énumérer un palmarès, je me contenterai de citer le rôle primordial joué, en la matière, par le grand savant allemand Rietschel, dont nous honorons aujourd'hui les compatriotes et continuateurs.

Dès le siècle dernier, les différentes branches de la technique du chauffage (combustion, transmission par rayonnement et convection, hydro-dynamique pour le transport de la chaleur par l'intermédiaire de fluides) provoquèrent les travaux et les recherches simultanées des physiciens de tous les pays. Puis, au début du XX^e siècle, les problèmes de rafraîchissement et d'hygrométrie prenant de plus en plus d'importance, il fallut approfondir les propriétés de l'air humide auxquelles mon ami, le professeur Marcel Véron consacra un important opuscule vers 1930. Je suis heureux de confirmer au professeur Véron, qui présida quelques-uns de nos congrès, nos chaleureuses félicitations pour la médaille d'or de l'Institut français des combustibles et de l'énergie qu'il vient de recevoir.

Mais, il apparut bien vite que l'aspect physique était dominé par le problème humain, car après tout ces climats artificiels ont essentiellement pour but de placer l'homme dans les conditions les plus favorables pour sa santé et son activité. Et l'on vit les recherches humaines prendre progressivement de plus en plus d'importance, parallèlement aux recherches purement physiques.

Ces préoccupations semblent être apparues, tout d'abord, simultanément en Allemagne et en Amérique. Les Etats-Unis disposant de moyens expérimentaux exceptionnels entreprirent d'étudier, avec une certaine rigueur, dès la fin de la première guerre mondiale, les relations thermiques du corps humain avec l'ambiance. Ces travaux les conduisirent à l'établissement des diagrammes de « températures effectives », c'est-à-dire des équivalences thermiques des ambiances en sensation de passage. Vous savez qu'il fallut introduire par la suite la température des parois, facteur de plus en plus important, et la température effective devint ainsi « la température résultante ». Ces diagrammes firent autorité pendant plusieurs dizaines d'années, jusqu'au moment où l'on s'aperçut que les équivalences de séjour différaient essentiellement des équivalences de passage. Ce furent encore des Américains, en particulier le regretté professeur Winslow, qui approfondirent, dans un laboratoire bien équipé, ces questions déjà largement clarifiées par différents chercheurs européens, Bedford en Angleterre, Liese en Allemagne, Lefevre et Dupuy en France, entre tant d'autres.

Il reste beaucoup à faire dans ce domaine, car l'efficacité du travail humain, en liaison avec les conditions thermiques, aurait besoin d'être encore étudiée, malgré l'importance capitale des travaux de Bedford, de Hasse, de Liese et de Yaglou. Cette question prend de plus en plus d'intérêt, du fait que les prospections systématiques poursuivies depuis quelques années, font apparaître des richesses insoupçonnées dans les sous-sols de régions inhospitalières, du Canada glacial au Sahara torride. Si bien que l'exploitation de ces ressources, imposera la réalisation de conditions climatiques artificielles, permettant aux hommes d'y travailler efficacement et d'y vivre sans dommage pour leur santé.

La découverte de ces richesses lève une des objections classiques contre la notion de la stimulation climatique, dont le regretté Huntington a été un des promoteurs, pour l'Amérique. Vous savez que cette théorie attribue au climat un rôle primordial dans l'apparition et le développement de la civilisation mécanique dans le nord de l'Amérique, le sud de l'Angleterre, le nord de la France, le Bénélux, l'ouest de l'Allemagne et les vallées suisses. On nous objectait que la Suisse mise à part, ces régions étaient celles dont le sous-sol recélait du charbon ou des minerais. Nous y répondions que l'apparition de l'industrie y était antérieure à l'exploitation des richesses minières et que ce sous-sol n'avait été mis en valeur que parce que les hommes y étaient placés dans des conditions climatiques particulièrement favorables à leurs activités physique et intellectuelle.

Or, il apparaît, de plus en plus, que le sous-sol des régions réputées déshéritées recèle des richesses comparables, sinon plus grandes que celui des pays où s'est épanouie la civilisation mécanique. Seul un climat favorable avait empêché leur mise en valeur.

Allant plus loin encore, le sociologue anglais Markham affirme que les régions tempérées ne se sont particulièrement développées que grâce à la technique du chauffage. Il est encore plus vrai que les contrées septentrionales ou tropicales ne pourront se peupler normalement que grâce aux climats artificiels. Et comme ces régions sont nécessaires, aussi bien pour la progression de la civilisation mécanique, dont les besoins en ressources de toute nature croissent sans cesse, que comme exutoire d'une population mondiale en augmentation exponentielle, on pourrait dire, sans trop exagérer, que la science des climats artificiels, qui apparaît bien modeste aux profanes, est en réalité une des « sciences-clés » de l'avenir de l'humanité.

Et c'est pour manifester cette prise de conscience que la France a créé cette « médaille d'or de la science des climats artificiels », destinée à permettre à l'industrie française du chauffage, de la ventilation et du conditionnement d'air de manifester sa reconnaissance aux personnes ayant fait progresser les techniques qui sont à la base de ses activités.

Cette médaille est destinée aux savants, ingénieurs et techniciens qui, par leurs recherches, leurs travaux et leurs publications originales ont fait progresser la science et la technique des climats artificiels dans tous ses domaines, aussi bien biologique et physiologique, que physique. Pour éviter tout malentendu, nous devons préciser qu'elle ne doit pas couronner une réussite industrielle, mais bien une carrière scientifique féconde. Le jury est constitué par : un représentant de l'*Académie des Sciences* qui le préside, le président du *Comité Scientifique et Technique de l'Industrie du Chauffage et de la Ventilation* qui en est le vice-président, les présidents de l'*Union des Chambres Syndicales du Chauffage de France*, de l'*Association des Ingénieurs en Chauffage et Ventilation de France*, de la *Chambre Syndicale des Entreprises d'Installations thermiques de Paris*, du *Syndicat des Constructeurs-Installeurs de matériel aéraulique et thermique* ; enfin les titulaires français de cette médaille.

Elle est attribuée tous les deux ans et remise, en principe, à l'occasion des *Journées Internationales de Chauffage*. Il est prévu qu'elle est décernée alternativement, une fois sur deux, à un Français et une fois sur deux à un étranger, sans que cette règle puisse être absolue.

Comme vous le voyez, ces distinctions seront rares et nous l'avons voulu, pour qu'elles récompensent des mérites exceptionnels.

Toutefois, pour faire partir cette création de 1951, début du demi-siècle, et créer en quelque sorte « l'ordre », le jury a décidé de décerner, exceptionnellement, cette année, quatre médailles, dont trois de rappel : deux à des personnalités étrangères, MM. Bedford et Liese, deux à des Français, MM. André Nessi et Auguste Beurrienne.

En principe, la remise doit normalement en être faite par le représentant de l'*Académie des Sciences*, puisque celle-ci veut bien déléguer un de ses membres pour présider le jury. Et nous en sommes d'autant plus honorés que ce représentant est M. Caquot, son ancien président, savant éminent de renommée mondiale.

Du fait que je connaissais particulièrement les personnalités choisies, M. Caquot, empêché et qui s'en excuse, m'a demandé de le représenter.

Quelque superflu que cela puisse être quand il s'agit de savants aussi connus que les récipiendaires de ce nouvel ordre, la règle veut que je rappelle leurs mérites essentiels. Je le ferai trop brièvement faute de temps, en m'excusant d'en laisser dans l'ombre, et non des moindres.

* * *

Né en 1894, le Docteur ès-Sciences et ès-Philosophie Bedford de l'Université de Londres, fit d'abord la première guerre mondiale. Puis, en 1919, il entra comme chercheur à l'*Organisation de recherches industrielles du Medical Research Council*, où il a fait toute sa carrière.

En 1931, il fut attaché à l'*Ecole londonienne d'hygiène et de médecine tropicale*, où il habite et où il est maître de conférences.

Aussi, pendant près de quarante ans, il n'a cessé de faire de nombreuses recherches sur l'hygiène industrielle et la physiologie dans ses rapports avec le climat. En particulier, ses travaux sur l'influence des conditions thermiques sur le confort, la santé, la sécurité et l'efficacité du travail sont célèbres dans le monde entier. Il a spécialement comparé, à cet effet, les indications du kata-thermomètre et du globe-thermomètre qui, par une amusante coïncidence, fut imaginé par lui et M. Warner en même temps que je mettais au point, vers 1932, le thermomètre résultant sec, ignorant, à l'époque, nos travaux respectifs.

Les premières études qui le rendirent célèbre en Angleterre et à l'étranger furent consacrées, de 1925 à 1930, aux effets de la chaleur sur les mineurs. Dès 1937, il étudia particulièrement les dangers dus aux poussières dans les mines d'anthracite du sud de l'Angleterre et les conclusions auxquelles il parvint avec M. Warner servirent à la réglementation officielle du maximum admissible de poussières dans l'air.

Pendant la deuxième guerre, il fut chargé, par la Direction des forces armées britanniques, de la protection hygiénique des travailleurs dans les usines de guerre. Il fut ainsi amené à étudier les taux et les modes de ventilation nécessaires afin de maintenir la pollution chimique de l'air dans des limites acceptables.

Au total, il publia plus de cinquante études et ouvrages sur toutes ces questions de climat et d'hygiène.

J'ajouterai enfin qu'il est membre d'honneur de nombreuses sociétés anglaises et étrangères.

Sa culture générale, dépassant le cadre de nos techniques, lui a permis d'aborder nos problèmes par des méthodes originales et ses succès confirment combien il est parfois fécond d'appliquer à une discipline, les méthodes mises au point dans des activités voisines.

C'est en 1937 que je rencontrai pour la première fois le Docteur Bedford à Genève, bien que nous fussions en contacts épistolaires depuis quelques années déjà. Il était délégué du gouvernement britannique auprès du *Comité international d'Hygiène de la Société des Nations*, présidé par le professeur Jacques Parisot, et où je représentais la France. Par la suite, nos relations ne firent que se resserrer et vous vous rappelez qu'il nous a fait, en 1951, le plaisir de venir faire une communication aux Journées internationales.

* * *

Le Professeur-Docteur Walther Liese, né près de Francfort-sur-Main en 1899, fit des études scientifiques et médicales aux universités de Berlin et de Kiel.

Dès leur terminaison, il entra comme assistant à l'Institut d'Hygiène de l'Université de Berlin, puis ensuite à celui de Kiel.

En 1927, il devint collaborateur scientifique de l'organisation de santé du Reich. Il fonda et dirigea un laboratoire d'hygiène, relatif aux industries sanitaires.

Sa clairvoyante et courageuse attitude pendant la deuxième guerre mondiale lui valut d'être appelé aux postes les plus élevés de Berlin après mai 1945. Il devint, en particulier, Directeur de l'Institut Max von Pettenkofer, où il s'occupe personnellement du département affecté aux industries des climats artificiels.

Depuis 1946, il est chargé de l'enseignement des techniques hygiéniques, à l'Université technique de Berlin-Charlottenburg. Enfin, depuis 1950, il est membre de l'Académie allemande de l'Urbanisme.

Ainsi, la presque totalité de la carrière du Professeur Liese a été consacrée à la poursuite de travaux sur les influences physiologiques des climats, ainsi que sur les exigences de l'hygiène dans le domaine du chauffage, de la ventilation et du conditionnement d'air.

Il a publié de nombreux ouvrages, certains en collaboration avec M. Bradtke et M. Kollmar que nous connaissons bien tous deux. Je citerai entre autres :

— Sa participation au « Manuel d'introduction aux méthodes d'investigation hygiénique » de Gotschlich.

— « Recherches et mesures climatiques à l'intérieur et à l'extérieur des locaux ».

— « Installations de chauffage et de ventilation dans les différents types de construction ».

Enfin, il vient de donner avec M. Kollmar une nouvelle édition du livre allemand mondialement réputé : « Le Chauffage par rayonnement ».

J'ajouterai que, depuis 1948, il est rédacteur en chef du grand journal technique allemand, le « Gesundheits Ingenieur ».

Comme vous le voyez, le Professeur Liese, comme le regretté professeur Winslow, est un biologiste venu à nos techniques. Il est un des hommes qui ont le plus contribué à clarifier la question, si délicate, des relations thermiques du corps humain avec l'ambiance. C'est d'ailleurs à ce propos que je suis entré en contact avec lui pour la première fois vers 1932. Nos relations devinrent, par la suite, de plus en plus amicales et c'est lui qui m'accueillit à Berlin, en 1938, lorsque j'ai eu le grand honneur de recevoir la grande plaque Rietschel. En 1951, il nous fit le plaisir de venir faire une conférence aux Journées internationales.

Le Professeur Liese, tout en étant un patriote éclairé, fut toujours un grand ami de la France et je me souviens que, quelques jours avant l'entrevue historique de Munich, nous déplorions, tous deux, la stupidité humaine qui semblait bien entraîner nos patries vers un nouveau conflit. Je sais, de source sûre, que le Professeur Liese fit tout ce qu'il put pour empêcher son pays de se lancer dans cette tragique aventure et qu'il a toujours travaillé au rapprochement franco-allemand, ce qui n'était pas toujours sans danger.

* * *

La carrière de M. André Nessi est un modèle de réussite industrielle et de dévouement fécond à la science.

Dès sa sortie de l'Ecole Centrale en 1895, il fit des séjours à Munich et à Berlin pour se perfectionner dans la langue allemande, dont la connaissance était indispensable pour qui voulait approfondir les techniques du chauffage.

En 1900, il fonda avec son frère regretté Joseph, les Etablissements Nessi frères, qui devinrent bientôt, et ne cessèrent d'être, un des bastions de la technique française.

Pour élargir le champ de sa culture déjà vaste, il devint, en 1902, licencié en droit.

Mobilisé en 1914 comme officier d'artillerie, il fut affecté, en 1915, après blessure, à l'Inspection des Forges.

Après la guerre, il continua son activité industrielle et scientifique jusqu'au décès de Joseph Nessi, époque à laquelle il se retira des affaires pour se consacrer complètement à la science.

Vous savez que les Etablissements Nessi commencèrent par exercer leur activité dans le domaine de la vapeur basse pression. Ils s'efforcèrent d'en perfectionner le système, en cherchant en particulier le moyen de le rendre plus réglable. En 1912, ils eurent l'idée d'utiliser la vapeur basse pression pour actionner, par l'intermédiaire de turbines, les pompes de circulation de l'eau chaude, réalisant ainsi des installations à circulation accélérée, indépendantes de toute autre énergie. Parallèlement, ils perfectionnèrent la ventilation mécanique, prélude aux installations de conditionnement qui devaient se développer beaucoup par la suite.

Rendant hommage à son autorité, ses collègues l'appelèrent à la présidence du Comité Scientifique et Technique de l'Industrie du Chauffage et de la Ventilation qui, grâce à lui, est devenu l'organisme puissant que vous connaissez.

Le nom d'André Nessi, joint à celui de Léon Nisolle, resteront essentiellement attachés au problème de la discontinuité du fonctionnement des installations de chauffage et de réfrigération. Non seulement, André Nessi clarifia en les normalisant les bases du calcul de la puissance nécessaire au chauffage en régime continu, mais il y introduisit, par la suite, le facteur « temps », élément indispensable lorsque les installations fonctionnent d'une façon discontinue et plus encore lorsqu'il s'agit de problèmes de rafraîchissement des locaux.

Tout le monde connaît ses ouvrages :

— « Eléments de calcul de la transmission continue de la chaleur ».

— « Documentation statistique sur les températures minima en France ».

— « Résolution pratique des problèmes de discontinuité de fonctionnement dans les installations de chauffage central ».

— « Tables de calcul pour le chauffage intermittent ».

C'est également à lui que l'on doit une étude approfondie sur : « Les essais et réception des installations de chauffage ».

Je ne veux abuser de votre temps en énumérant tous ses écrits, mais je crois équitable d'associer le nom de feu son ami Léon Nisolle à l'hommage que nous lui rendons aujourd'hui. La longueur et la fidélité de cette collaboration sont un témoignage des qualités humaines de M. André Nessi, proverbiales dans notre corporation. Bien entendu, dès mes premières études techniques sur le chauffage, je commençai par approfondir les ouvrages de M. Nessi, et depuis 1929, je n'ai cessé de profiter de ses conseils

et de son érudition, chaque fois que je voulais entreprendre quelque étude nouvelle. Aussi, me permettrai-je d'ajouter le témoignage de ma respectueuse et affectueuse reconnaissance à l'hommage qui lui est rendu aujourd'hui par notre profession.

En résumé, toute la technique française utilise essentiellement pour les calculs des installations, fonctionnant aussi bien en régime continu que discontinu, les ouvrages ou les travaux de M. Nessi et c'est lui qui a inspiré les règles servant à la détermination des températures minima de base et à la réception des installations.

C'est dire que la dette de ces industries à l'égard de M. André Nessi est immense.

Bien entendu, il a déjà reçu les récompenses les plus flatteuses : prix Letort des *Ingénieurs civils de France* en 1943 ; médaille d'or de la *Société d'Encouragement de l'Industrie nationale* en 1925 ; médailles d'argent de la *Société des Architectes diplômés* et la *Société centrale des Architectes* en 1924 et 1936.

Enfin, ses titres scientifiques étaient tellement éclatants que les pouvoirs publics, pourtant peu généreux en la matière, transformèrent en rosette, en 1954, le ruban de la Légion d'Honneur qu'il avait reçu en 1918 pour faits de guerre. Et à ce propos je me fais volontiers l'écho de la profession pour déplorer que ces récompenses officielles soient aussi parcimonieusement et aussi tardivement décernées, aux hommes qui honorent la technique et l'industrie françaises.

* * *

M. Auguste Beurrienne est également un ingénieur formé par l'*Ecole Centrale des Arts et Manufactures*, dont il est sorti en 1900. Il commença à manifester son puissant intérêt pour la technique en faisant des conférences à l'*Association des Ingénieurs en Chauffage et Ventilation* dès 1908, particulièrement sur le chauffage à vapeur basse pression à un tuyau, système parfois employé à cette époque.

Déjà, il s'intéressait au chauffage urbain, exposant, devant la *Société des Ingénieurs civils*, l'avant-projet théorique d'une distribution de chaleur dans le quartier de l'Etoile, à l'aide de la vapeur d'échappement d'une centrale placée à Levallois-Perret.

Après la première guerre, qu'il avait faite comme officier d'artillerie, il rechercha particulièrement la meilleure façon de chauffer les grands locaux industriels, qui se construisaient de plus en plus. Ses premiers aérothermes étaient tellement connus dans l'industrie française que, bien souvent, les installateurs dénommaient « calo-pulseurs » tous les appareils projetant de l'air chaud, de même que beaucoup d'usagers appellent « frigidaire » tous les appareils frigorifiques ménagers.

Il étudia spécialement à cet effet la récupération des chaleurs perdues, ainsi que la vapeur d'échappement sous contre-pressure ; il fut aussi un des premiers à concevoir l'emploi des accumulateurs de chaleur.

Faisant écho aux éminents travaux d'André Nessi et de Léon Nisolle, il étudia, dès l'apparition du chauffage par rayonnement par tubes enrobés dans le béton, l'influence de la capacité calorifique des installations de chauffage sur ses conditions d'exploitation en régime discontinu.

Curieux de toutes les questions scientifiques, il s'amusa parfois, à la façon de Jules Verne, à prévoir, avec beaucoup de clairvoyance, l'évolution probable de nos techniques.

En raison de sa renommée, non seulement l'*Association des Ingénieurs en Chauffage et Ventilation de France* l'a nommé vice-président d'honneur, mais aussi l'*Institut de Technique sanitaire* lui demanda d'y professer le chauffage et la ventilation pendant une dizaine d'années.

Lauréat du prix Letort de la *Société des Ingénieurs civils de France*, ses confrères, rendant hommage à sa réputation dans tous les domaines, lui demandèrent de présider le *Congrès de chauffage et ventilation* de 1930.

Enfin, voulant faire profiter notre profession de son expérience, il accepta d'être expert auprès du tribunal civil de la Cour d'Appel, ainsi que du tribunal de Commerce de la Seine.

Membre de l'*American Society of Heating and Ventilating Engineers* depuis 1912, il fit la liaison entre les ingénieurs français et leurs collègues américains. C'est à ce titre qu'il introduisit, en France, en 1925, la notion de « température effective » sur laquelle il me documenta avec beaucoup de compétence, lorsqu'en 1929, j'étudiai cette question pour y introduire la température des parois, lorsqu'elle est différente de celle de l'air.

* * *

Comme vous le voyez, la carrière des deux titulaires français de la Médaille d'Or est aussi bien remplie que celle de nos confrères étrangers, avec cette différence, toutefois, que tous deux ont appartenu à l'industrie. Cela tient au fait qu'aucun organisme de recherches subventionné par les pouvoirs publics n'existant dans notre profession, les savants et techniciens réputés ont toujours été, jusqu'à ce jour, obligés d'avoir une activité industrielle leur permettant à la fois de vivre (*primum vivere...*) et de se procurer les crédits nécessaires pour poursuivre leurs études ou leurs recherches expérimentales (deinde philosophari...).

Ceci n'est certes pas une critique à l'égard des pouvoirs publics, mais, à une époque où nous n'avons que trop de raisons de douter de nous-mêmes, nous pouvons nous enorgueillir d'avoir su faire progresser, pour notre part, cette science des climats artificiels, sans l'aide de personne et souvent au détriment de nos intérêts personnels immédiats. C'est là un bel exemple de désintéressement et de dévouement à la science qu'il convenait de souligner.

Maintenant, grâce aux bonnes volontés et aux organismes corporatifs dont les animateurs, et singulièrement MM. Pabanel, Fichard et Rebeyrat, ont compris combien la recherche est une nécessité vitale pour toute industrie qui veut survivre, nous avons enfin une organisation scientifique solide qui nous permet d'entretenir des chercheurs dont les travaux feront de plus en plus autorité à l'étranger, et dont la nouvelle revue « *Industries thermiques* » prouve surabondamment la grande compétence. C'est une œuvre pleine d'espoir, dont il convient de rendre hommage à toute la profession, et dont elle peut se féliciter sans aucune fausse modestie, en remerciant MM. Pierre Roubaud et Roger Cadiergues qui en sont les animateurs.

Et c'est sur cette note optimiste que je terminerai, en vous proposant de lever votre coupe à la santé des savants étrangers et français que nous honorons et à la prospérité de la science des climats artificiels, grâce à la collaboration de tous les pays.



Monsieur le Docteur BEDFORD,

Je suis très honoré de vous remettre, symboliquement, le diplôme de la « médaille d'or » en attendant sa frappe.

Qu'elle vous soit un témoignage de notre gratitude pour toutes les recherches que vous avez faites, en particulier sur le chauffage, les sensations de chaleur, les équivalences thermiques.

Qu'elle soit un gage de la longue amitié indéfectible entre nos deux peuples.

Je souhaite que vous soyez particulièrement sensible à la joie que nous avons, à couronner ainsi, une brillante carrière scientifique.

Monsieur le Professeur LIESE,

Ce nous est une joie particulière d'honorer, en votre personne, un peuple qui a tant fait pour le développement du chauffage et de la ventilation. Dois-je vous dire que je suis particulièrement heureux que le récipiendaire allemand de ce nouvel ordre soit un ami toujours fidèle de la France?

Si nos peuples sont maintenant unis par une amitié fondée sur une estime mutuelle, peut-être est-ce dû à l'action des anciens combattants que nous nous honorons d'être. En constatant combien les techniciens allemands et français sont unis, un statisticien pourrait songer qu'en extrapolant, il suffirait que tous les Allemands et les Français fussent dans le chauffage et la ventilation pour écarter les risques de guerre. La solution est séduisante, mais difficilement réalisable...

Encore toutes mes félicitations et mes remerciements pour vos témoignages d'amitié pour la France.



Monsieur le Président André NESSI,

Nous sommes très fiers de posséder des hommes aussi éminents et qualifiés que vous et M. Beurrienne pour faire pendant aux savants étrangers titulaires, avec vous, de notre médaille d'or.

Votre vie scientifique, industrielle et familiale est un exemple pour tous les techniciens, et je suis particulièrement flatté de vous remettre le diplôme, matérialisant temporairement cette médaille.



Monsieur le Président BEAURRIENNE,

C'est par l'intermédiaire de votre personne, et celle de M. Nessi, un nouvel hommage que nous rendons à l'*École Centrale des Arts et Manufactures*, qui fut toujours, et continue à être si féconde en thermiciens de grande classe.

Lorsqu'il y a trente ans, j'ai débuté dans cette industrie, j'ai profité des conseils d'un homme dévoué, Léon Labourdette, qui avait été sous vos ordres pendant la guerre et qui me disait souvent : « M. Beurrienne est un savant », alors que vous n'aviez pas encore réalisé l'essentiel de vos travaux...

Au risque de me répéter, je redirai que, comme M. Nessi, vos qualités proverbiales de probité intellectuelle, ce qui est bien plus difficile que la probité matérielle, honorent notre profession particulièrement fière de pouvoir vous rendre ce modeste témoignage.



CHAUFFAGE, VENTILATION ET CONDITIONNEMENT DE L'AIR

Déjà paru dans la Série : Équipement Technique

ET/7. — JOURNÉES DU CHAUFFAGE DE FÉVRIER 1950

JOURNÉES DU CHAUFFAGE DE MAI 1951

ET/14. — De l'introduction de l'air dans les locaux conditionnés. Visites d'installations de chauffage et de conditionnement d'air, par M. A. DESPLANCHES. (octobre 1951 — 120 F)

ET/15. — Le thermomètre à température résultante, par M. R. CADIERGUES. (novembre 1951 — 75 F)

ET/16. — Les recherches thermiques aux Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics, par M. A. BLANC. (novembre 1951 — 145 F)

ET/17. — État de la recherche en chauffage et ventilation dans quelques pays étrangers, par MM. Thomas BEDFORD, W. LIESE, F. SQUASSI et Cyril TASKER. (décembre 1951 — 180 F)

ET/18. — Quelques aspects économiques et techniques actuels des questions posées par l'établissement et l'exploitation des chauffages centraux, par M. A. FOURNOL. (décembre 1951 — 85 F)

ET/19. — Le chauffage thermodynamique, par M. R. BILLARDON. (janvier 1952 — 100 F)

ET/20. — Choix du type et des caractéristiques générales de l'installation de chauffage la mieux adaptée au climat et au programme, suivant la constitution du bâtiment, par M. R. DUPUY. (janvier 1952 — 90 F)

ET/21. — Chauffage à eau surchauffée sous pression, par M. P. MARILLIER. (février 1952, épuisé)

JOURNÉES DU CHAUFFAGE DE MAI 1952

ET/26. — Évolution des recherches et des techniques en Belgique depuis 1940, par M. H. MARCQ.

État de la recherche et des tendances de la technique aux Pays-Bas, par M. E. F. M. VAN DER HELD. (juillet-août 1952 — 150 F)

ET/28. — *Le chauffage par rayonnement.*

L'expérience américaine, par M. T. N. ADLAM.

Technique allemande, par M. A. KOLLMAR.

Technique italienne, par M. A. GINI.

Technique française, par M. R. CADIERGUES.

(septembre 1952 — épuisé)

ET/29. — *Réfrigération.*

Machines frigorifiques modernes.

Visite de l'installation de chauffage, de conditionnement d'air et de la machine frigorifique de la Banque de France, par M. R. BILLARDON.

Problèmes économiques du chauffage central.

Répartition des charges de construction et d'entretien dans les installations de chauffage, par M. H. FICHARD.

Répartition des charges de chauffage et comptage des calories, par M. R. FISCH. (octobre 1952 — 150 F)

ET/30. — *Études et Recherches françaises.*

Quelques travaux récents du C. S. T. B. en matière d'équipement de chauffage dans les habitations, par M. A. FOURNOL.

Études et recherches 1951 du Comité Scientifique et Technique de l'Industrie du Chauffage et de la Ventilation.

Les dispositifs de sûreté hydrauliques en chauffage à vapeur basse-pression, par M. R. CADIERGUES.

Mesure de la ventilation par traceurs radioactifs, par MM. Ch. FISCHER et P. LEVEQUE.

Les recherches thermiques aux Laboratoires du bâtiment et des Travaux Publics, par M. A. BLANC.

(novembre 1952 — 240 F)

ET/31. — *Régulation automatique.*

Régulation automatique des petites installations de chauffage central avec chaudières au charbon, par M. R. DUPUY.

Précision en régulation automatique, par M. V. BROIDA.

Visite de l'installation de conditionnement d'air de la Bibliothèque Nationale par MM. A. MARMILLOT, P. TOUZARD et J. RAUSSOU. (décembre 1952 — 180 F)

JOURNÉES DU CHAUFFAGE DE MAI 1953

ET/36. — *Recherches et Techniques Étrangères.*

Évolution des recherches et des techniques en Suède, en Norvège, au Danemark et en Suisse depuis 1940, par MM. J. RYDBERG, A. WATZINGER, S. P. JACOBSEN et J. KAMM. (juillet-août 1953 — 270 F)

ET/38. — *Enseignement et Documentation.*

Enseignement français du chauffage et du conditionnement de l'air, par M. Ch. BARRAULT.

Documentation française et internationale en chauffage, ventilation et conditionnement de l'air, par M. R. CADIERGUES. (septembre 1953 — 90 F)

ET/40. — *Les Combustibles.*

Choix des combustibles et sources d'énergie, par M. R. GIBLIN.

Choix de la qualité du combustible liquide pour le chauffage des locaux, par M. P. FORTAIN.

Les gaz liquéfiés de pétrole, par M. J. HARLÉ.

Évolution du chauffage domestique au charbon en France, par M. M. PINET. (octobre 1953 — 180 F)

ET/41. — *Générateurs.*

Chaudières automatiques modernes de chauffage central aux combustibles solides, par M. R. RABET.

Nouveaux générateurs à grand taux d'échange et à faible volume, par M. H. MAUBOUCHÉ. (novembre 1953 — 180 F)

ET/42. — *Études et Recherches Françaises.*

Quelques recherches du C. S. T. B. Comptage de la chaleur. Intermittence du chauffage collectif, par M. A. FOURNOL.

Études sur la productivité, par M. B. TUNZINI.

Études et recherches 1952 du Comité Scientifique et Technique de l'Industrie du Chauffage et de la Ventilation, par MM. R. CADIERGUES et D. THIN.

Compte rendu de visite de quelques laboratoires d'essais américains, par M. G. DAWANCE.

La mesure de la conductibilité thermique à travers le monde, par M. A. PASCAL.

Chauffage par le sol. Températures superficielles limites, par M. J.-C. MARÉCHAL.

Recherches, études et normalisation réalisées par le Syndicat des Constructeurs et Constructeurs-Installateurs, par M. R. GOENAGA.

Visites d'installations de chauffage et de conditionnement d'air au Centre Technique Forestier Tropical de Nogent-sur-Marne et à l'Aéroport du Bourget, par MM. Y. MARCON, E. RELIER, J. ARTIGUE, A. DESPLANCHES, R. de SAINT-MARTIN et B. TUNZINI. (décembre 1953 — 370 F)

ET/49. — JOURNÉES DU CHAUFFAGE DE MAI 1955

Le chauffage central dans les habitations économiques par MM. CADIERGUES, DE GRAVE, ROEDLER, J.-B. DICK, et du VIVIER DE STREEL.

Progrès récents du chauffage urbain en Europe, par MM. KLOIBER, BORMANN, JANSSEN, SALMON-LEGAGNEUR, ZINIKER, FISCH.

Visite à Montesson d'une usine de préfabrication de grands panneaux en béton munis d'un dispositif de chauffage par rayonnement. Visite de l'exposition des compteurs de chaleur. Visite d'une installation de chauffage à air chaud.

Recherches thermiques, par MM. FOURNOL et ESCHER-DESRIVIERES.

Chauffage par rayonnement, par MM. PASCAL et MARÉCHAL. Discussion générale sur le chauffage par rayonnement. (octobre 1955 — 1 440 F)

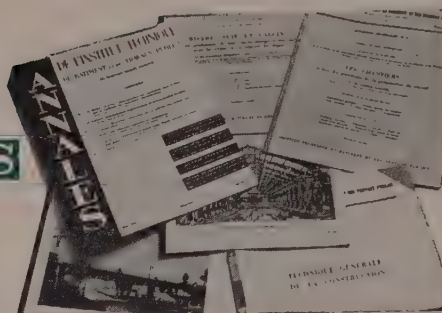
En vente à la Documentation Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, 6, rue Paul-Valéry, Paris, XVI^e

**INGÉNIEURS
ITBTP ARCHITECTES
ENTREPRENEURS**



**POUR VOUS TENIR
AU COURANT
DES PROGRÈS
RÉALISÉS DANS
LA TECHNIQUE
DE LA
CONSTRUCTION**

LISEZ
LES
ANNALES
DE
L'INSTITUT TECHNIQUE
DU BATIMENT ET
DES TRAVAUX PUBLICS



L'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics :

— **DÉPOUILLE** mensuellement pour ses adhérents **plus de 400 revues** afin de leur adresser annuellement, par l'intermédiaire de son **Bulletin de Documentation**, plus de 3 000 analyses d'articles et d'ouvrages se rapportant à tous les problèmes susceptibles de les intéresser.

— **EXTRAIT**, à la demande de ses adhérents, de son **fichier** (qui comporte plus de 150 000 fiches) des **bibliographies complètes** et à jour sur les sujets techniques les plus divers.

— **DIFFUSE** directement sur le lieu de travail des adhérents, sous forme de **microfilms**, de **photocopies** ou éventuellement de **traductions**, les documents signalés.

— **PROCÈDE**, au cours de **séances cinématographiques**, à la projection de films décrivant des réalisations françaises et étrangères en matière de travaux de bâtiment et de génie civil.

— **ORGANISE des conférences hebdomadaires** et, périodiquement, des **visites de chantiers** auxquelles vous avez intérêt à assister en raison des nombreux enseignements que donne l'examen direct des solutions constructives, et qu'un compte rendu même complet et détaillé comme celui publié dans les **Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics** ne saurait remplacer.

— **FOURNIT** des **Notes Techniques** et des **Notes d'Information**, qui traitent pratiquement des problèmes techniques de tous les corps d'état.

— **RÉPOND** à toutes questions techniques posées à son **Service de renseignements Techniques par téléphone**; Poincaré 25-25 tous les jours ouvrables de 16 h à 19 h, sauf samedi.

Pour tous renseignements concernant les conditions d'adhésion, s'adresser à
L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS,
6, rue Paul-Valéry, Paris (16^e). Tél. Klé. 48-20.

(Reproduction interdite)

SUPPLÉMENT AUX

ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

NOVEMBRE 1957

Dixième Année, N° 119

Série : TRAVAUX PUBLICS (46)

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES — SÉANCE DU 19 MARS 1957

sous la présidence de **M. HANNOTHIAUX**,
Directeur Adjoint de l'Équipement d'Électricité de France

(Photo H. Baranger.)

La centrale de Porcheville (au premier plan, à droite, la prise d'eau en Seine).

Problèmes de travaux publics dans la réalisation d'une centrale thermo-électrique

LES TERRASSEMENTS ET LES FONDATIONS DE PORCHEVILLE

par **M. F. MARTIN LAVALLÉE**,

Directeur Adjoint de la Région d'Équipement Thermique 1 d'Électricité de France

INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

PRÉSENTATION DU PRÉSIDENT

Nous devons, je crois, féliciter l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics d'avoir consacré une séance d'études aux problèmes de travaux publics qui se posent dans la réalisation d'une grande centrale thermique moderne.

Pour être moins spectaculaires, si l'on veut, que ceux qui se présentent dans les grands aménagements hydro-électriques, ces problèmes n'en sont pas moins complexes et méritent de retenir notre attention. A cet égard, je pense que le choix de la centrale de Porcheville, pour évoquer ces problèmes, est très judicieux en raison tant de l'ampleur que ces problèmes y ont revêtue, que du caractère particulièrement typique de cette centrale dans ce que nous appelons le palier technique 115-125 mgW.

Notre conférencier, M. Martin Lavallée, qui est Directeur adjoint de la région d'équipement thermique n° 1 est particulièrement qualifié pour vous en parler, puisqu'il a été associé très étroitement à la conception et à la réalisation de Porcheville.

Ingénieur civil de l'École des Ponts et Chaussées depuis 1926, M. Martin Lavallée a consacré toute sa carrière qui fut brillante, à l'industrie électrique tant en France qu'en Algérie. Depuis la nationalisation, il appartient à la Direction de l'Équipement, et avant Porcheville, il s'est notamment consacré à la réalisation de la centrale de Dieppedalle.

Il va nous faire profiter de sa précieuse expérience dans la construction des centrales thermiques.

RÉSUMÉ

L'implantation de l'usine de Porcheville a comporté d'abord le remblaiement d'un petit bras de la Seine sur la rive droite du fleuve; le travail a été exécuté par dragues suceuses refoulant directement les déblais dans les zones à remblayer par l'intermédiaire d'une conduite flottante. Le nivellement de la plate-forme de l'usine a été réalisé à l'aide de bulldozers et de scrapers opérant dans le sable et le gravier. Les fondations ont été constituées par des pieux de gros diamètre forés et moulés dans le sol pour le bloc-usine et par des pieux battus pour les autres parties de la centrale; les pieux ont été descendus jusque dans une couche de craie résistante. L'usine comporte deux cheminées de 125 m de hauteur.

Les ouvrages de prise et de retour d'eau ont été exécutés à l'abri de rideaux de palplanches.

L'exposé se termine par un examen général des conditions d'exécution des centrales.

SUMMARY

The ground preparation for the Porcheville plant necessitated the filling-in of a small tributary off the right bank of the river Seine. The work was carried out by suction drags which discharged the spoil-earth directly into the zone to be filled in by means of a floating conduit. The platform for the plant was prepared by bulldozers and scrapers working in the sand and gravel. The foundations consist of large diameter piles driven and moulded into the soil for the power-plant block and of driven-in piles for the other parts of the construction. The piles were lowered down to a resistant layer of chalk. The plant has two chimneys of a height of 400 ft.

The intake and tailrace works were carried out under the protection of sheet-piling.

The description of the construction of the plant concludes with a general examination of the conditions controlling power station erection.

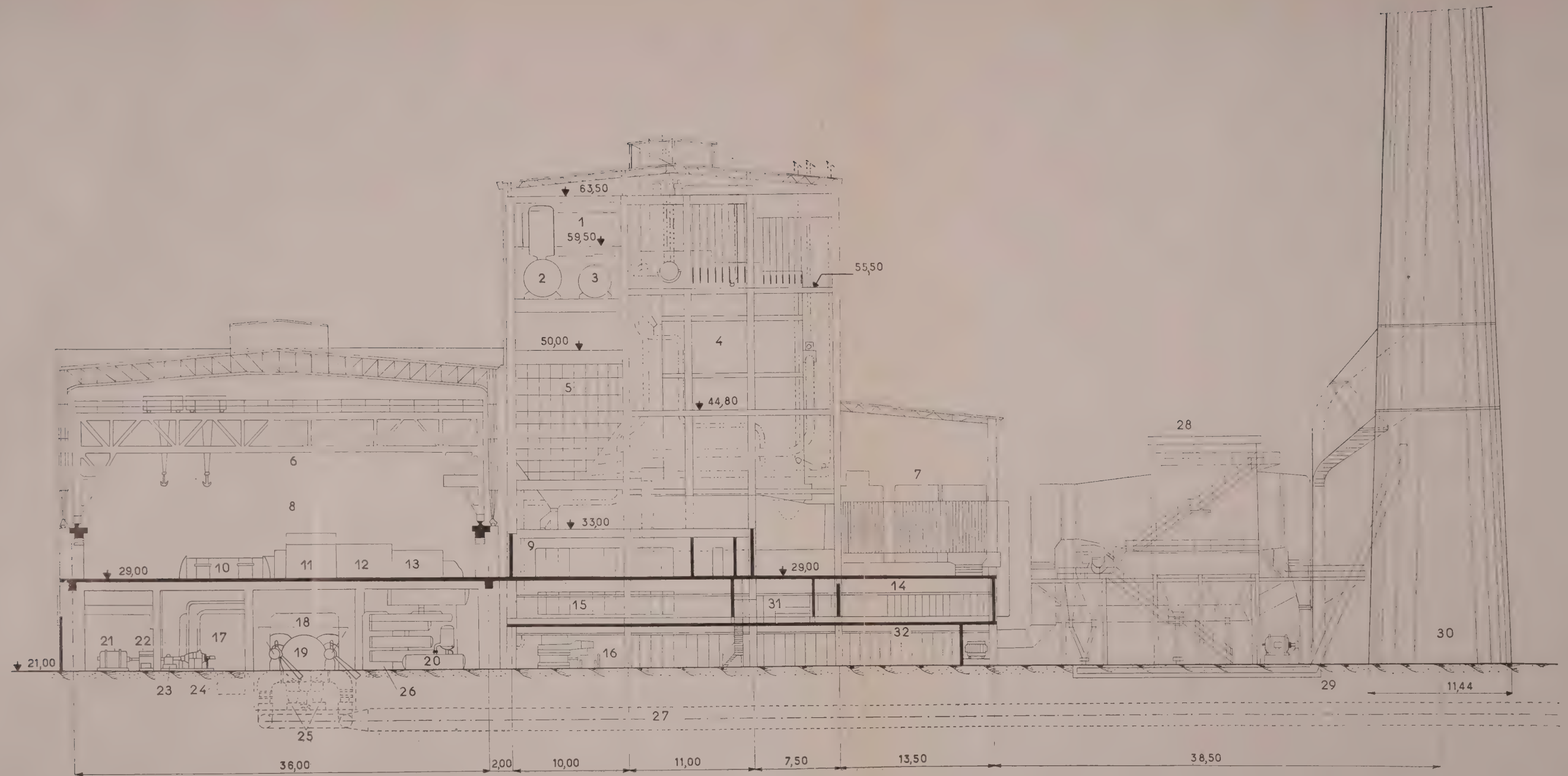


FIG. 1. — Centrale de Porcheville. Coupe transversale.

1. — Réservoir d'eau brute.
2. — Bâche alimentaire.
3. — Bâche eau épurée.
4. — Chaudière 400 t/h.
5. — Silo à charbon.
6. — Deux portiques de 100 t.
7. — Réchauffeurs d'air.

8. — Salle des machines.
9. — Salle de commande.
10. — Alternateur.
11. — Turbine M P - B P.
12. — Turbine H T.
13. — Turbine H P.
14. — Auxiliaire 380 V.

15. — Fileries et relais.
16. — Broyeurs.
17. — Pompes alimentaires.
18. — Pompes à air.
19. — Condeuseur.
20. — Ballon de détente.
21. — Moteur.

22. — Coupleur hydraulique.
23. — Multiplicateur.
24. — Bâche eau distillée.
25. — Pompes d'extraction.
26. — Poste d'eau BP.
27. — Canalisation eau de circulation.
28. — Dépoussiéreurs.

29. — Ventilateurs de tirage.
30. — Cheminée.
31. — Batteries.
32. — Auxiliaire 5 000 V.

EXPOSÉ DE M. MARTIN LAVALLÉE

DONNÉES GÉNÉRALES DU PROBLÈME

L'association des mots « travaux publics » et « production d'électricité » suggère, tout d'abord, l'évocation d'un de ces grands aménagements hydro-électriques dont l'un des plus remarquables nous fut brillamment exposé, il y a peu de temps, dans cette même salle (1).

Notre séance d'aujourd'hui se rapporte à des travaux moins spectaculaires et, par là même, moins connus. Elle a pour but d'examiner quels sont, actuellement, les problèmes de travaux publics que pose la réalisation d'une centrale thermo-électrique en prenant comme exemple l'usine de Porcheville qui, comme vous le savez, est entrée récemment en service.

Je rappellerai, en commençant, ce qu'on a appelé « la loi du doublement de la consommation d'énergie électrique en dix ans ». Il ne s'agit d'ailleurs pas, évidemment, d'une loi au sens physique du terme mais plutôt d'une constatation statistique qui résume tout une évolution technique et économique. Comme nous le verrons, cette constatation peut également servir de fil conducteur à l'étude de l'évolution des problèmes de travaux publics des centrales thermiques.

Remarquons, tout d'abord, que la puissance des machines principales des centrales thermiques a subi, à peu près parallèlement, la même augmentation que la consommation d'énergie. Il n'y a pas là une simple coïncidence mais une nécessité. Si cette augmentation de puissance n'avait pas eu lieu et si nous en étions restés aux puissances des machines de 1910, nos grandes centrales actuelles de 500 000 kW, au lieu de comprendre quatre unités, en comprendraient près d'une centaine. Elles nécessiteraient des espaces considérables, occuperaient beaucoup plus de personnel, coûteraient beaucoup plus cher, aussi bien en dépenses de premier établissement qu'en frais d'exploitation et, pour finir, produiraient l'énergie à un prix beaucoup plus élevé que nos centrales modernes, indépendamment même de toute question de rendement.

L'augmentation des puissances unitaires des appareils de production a donc été et est encore indiscutablement un des principaux facteurs du développement de la production et de la consommation d'énergie et on ne voit pas, pour le moment, de raison pour que cette augmentation cesse. D'ailleurs, après le palier actuel des unités de production de 115/125 MW, Electricité de France aborde maintenant le palier suivant avec les unités de 250 MW déjà en service aux Etats-Unis.

Je n'ai pas besoin de vous dire que cette augmentation des puissances a entraîné et entraîne continuellement de profondes modifications dans les parties thermiques, mécaniques et électriques de nos centrales mais, et cela est moins évident, cette augmentation a entraîné, notamment dans les dernières années, une transformation profonde dans nos conceptions et nos réalisations d'usines en matière de génie civil.

Mon but n'est d'ailleurs pas de vous exposer en détail ces transformations; on peut, je crois, résumer leur évolution en disant qu'elles ont tendu à diminuer l'importance et, par conséquent, le coût des bâtiments des centrales thermiques. Je ne voudrais d'ailleurs pas que les entrepreneurs qui m'écourent soient trop inquiets de cette constatation car il ne s'agit que d'une diminution relative des superstructures des usines, surtout sensible dans les chaufferies.

Dans les centrales thermiques d'avant la dernière guerre, ou même dans celles construites aussitôt après, à l'époque du

« Plan Monnet » les tranches de production n'étaient pas nettement séparées comme actuellement, il y avait, en général, au moins deux chaudières par turbo-alternateur, les plus grosses chaudières débitant de 100 à 150 t/h. La hauteur, relativement faible (moins de 30 m) de ces unités, permettait de leur superposer d'autres éléments, eux-mêmes relativement légers, comme les ventilateurs de tirage et leurs moteurs et les dépoussiéreurs. Les cheminées étaient situées au-dessus de la chaufferie; elles pouvaient être réduites à de courts cylindres ou troncs de cône en tôle.

Dans ces centrales, il était nécessaire que la chaufferie contienne et supporte, non seulement les chaudières mais les autres éléments qui leur étaient superposés et dont nous venons de parler. La chaufferie était donc un bâtiment très important.

Cette disposition n'est plus satisfaisante pour les nouvelles centrales avec turbo-alternateurs de 115/125 MW qui ne comportent plus qu'une chaudière par groupe; celle-ci est donc trois à quatre fois plus puissante que les précédentes; son débit de vapeur est de 360/400 t/h; ses dimensions et son poids augmentent non pas proportionnellement mais d'une façon importante.

Comme, d'autre part, l'on devient — avec raison — de plus en plus difficile en ce qui concerne la qualité du dépoussiérage et les émissions de fumées, les dépoussiéreurs deviennent de plus en plus encombrants et les cheminées doivent conduire les gaz brûlés de plus en plus haut dans l'atmosphère. Il n'est donc plus possible de superposer tous les éléments et on constate qu'il est plus économique de mettre les dépoussiéreurs (qui extérieurement se présentent, quand ils sont électrostatiques, ce qui est le cas général, comme de grands caissons en tôle) à l'extérieur en les faisant reposer directement sur le sol et de poser également les cheminées sur le sol.

On arrive ainsi, précisément, à la disposition que nous avons réalisée à Porcheville.

Comme vous le voyez, dans une centrale comme celle de Porcheville, la conception des bâtiments est assez différente de celle qui avait prévalu dans les centrales antérieures: les superstructures des bâtiments sont conçues comme des abris légers. Seule, la partie basse de la salle des machines est en béton armé. Les ponts roulants sont remplacés par des portiques pour ne pas charger la superstructure du bâtiment. La chaufferie devient presque une enveloppe de la chaudière et est supportée entièrement par les poteaux de chaudière eux-mêmes. Seule, une ligne de poteaux a été ajoutée le long de la salle des machines pour permettre de supporter les bâches à eau et les silos à charbon. Les réchauffeurs d'air sont sous un appentis accolé à la chaufferie, les dépoussiéreurs, comme je vous le disais tout à l'heure, sont complètement extérieurs à la chaufferie et la cheminée en béton armé part directement du sol. C'est ce qu'on a appelé une « disposition horizontale » par opposition à la disposition qui avait été utilisée encore récemment à Yainville et qui avait été appelée « disposition verticale ».

Cette disposition des nouvelles usines avec machines de 115 MW a donc, comme première conséquence, en ce qui concerne le génie civil, un allègement des superstructures, donc une diminution relative du bâtiment, mais, par contre, en raison de l'étalement en surface, une augmentation des terrassements et (en raison, en outre, de l'accroissement des charges) des fondations.

(1) M. LEFOULON, *Aménagement du Rhin. Troisième bief de Fessenheim* (à paraître).

Mais cette augmentation des puissances a d'autres conséquences, indirectes cette fois, sur les travaux de génie civil : l'augmentation des rendements des machines entraîne, à énergie égale produite, une diminution, à la fois, des quantités de combustible nécessaires et des débits d'eau à faire circuler dans les condenseurs ; mais, comme les puissances des machines et des usines augmentent bien davantage et bien plus vite, c'est finalement à une augmentation considérable des débits d'eau de circulation et des quantités de combustible à manipuler et à stocker qu'il faut faire face :

Chaque tranche de 125 MW de Porcheville nécessite : 5 m³/s d'eau de refroidissement, principalement pour les condenseurs (eau aussitôt rejetée après réchauffement de quelques degrés seulement).

1000 t par jour de charbon environ pour la marche d'un groupe à pleine charge.

Ces deux nombres donnent tout de suite une idée des problèmes que pose la réalisation des nouvelles centrales :

De pareils débits à pomper : 20 m³/s pour toute l'usine, nécessitent des ouvrages importants pour la prise d'eau, l'amenée aux condenseurs, le retour et la restitution ; la prise d'eau doit être suffisamment éloignée du rejet pour qu'il n'y ait pas à craindre de recirculation et d'élévation de la température à la prise d'eau.

Nous verrons tout à l'heure que cette question de distance entre prise et retour d'eau a posé, à Porcheville, un problème très particulier de terrassement fluvial.

Une usine de quatre groupes du type de Porcheville doit être équipée pour recevoir 6 000 t de charbon par jour et elle peut consommer, suivant les durées du fonctionnement, les diagrammes de puissance et la qualité du charbon, de 600 000 à 1 000 000 de tonnes de charbon par an. Il faut donc, si le combustible est amené par eau, un véritable port fluvial avec engins de déchargement à gros débit ; s'il est amené par

ter, il faut que l'usine soit raccordée à une voie permettant l'amenée des trains lourds (actuellement 1 200 t, plus tard 2 000 t) et il faut que l'embranchement de la centrale ait les mêmes caractéristiques, d'où nécessité d'une installation ferroviaire importante avec toutes les conséquences que cela peut entraîner du point de vue de l'encombrement et des terrassements notamment.

Mais il est une autre nécessité que les récentes difficultés d'approvisionnement en combustible ont mis en lumière : c'est celle d'un important parc de stockage. À Porcheville, on désirait pouvoir stocker au moins 400 000 t de charbon.

Enfin, à certaines usines — et c'était le cas à Porcheville — doivent être jumelés des postes électriques d'interconnexion qui nécessitent des emplacements dont les dimensions augmentent avec la puissance de la centrale.

Je ne ferai que citer un autre problème : celui des emplacements des usines thermiques. Il conditionne directement tous les problèmes de travaux publics.

Les chiffres que nous venons d'énoncer montrent tout de suite que les emplacements disponibles sont difficiles à trouver et le deviennent de plus en plus au fur et à mesure que la puissance des usines augmente en raison surtout des quantités d'eau nécessaires — l'utilisation de réfrigérants n'étant qu'un pis aller défavorable quant au rendement — et aussi en raison des nécessités d'amenée du combustible.

Ce problème des emplacements a d'ailleurs une autre face qui n'est pas technique mais qui est liée aux questions très générales et très délicates d'aménagement du territoire.

Pour toutes ces raisons, les problèmes d'emplacement des centrales thermiques sont actuellement parmi les plus difficiles à résoudre et il est utile qu'on le sache.

Voyons maintenant comment les problèmes de travaux publics dont nous venons de déterminer les données générales se sont posés et ont été résolus à Porcheville.

RECTIFICATION DE LA SEINE

Ce sont les travaux en Seine qui nous ont d'abord le plus inquiétés. En effet, quand après avoir consulté les services d'aménagement de la région parisienne, la Direction de l'Équipement d'Électricité de France nous a indiqué, à la fin de 1952, que la centrale thermique en cours d'étude — qui ne s'appelait encore, à ce moment, que la centrale de Paris-Ouest — aurait son emplacement définitivement fixé à Porcheville, sur la rive droite de la Seine, peu avant Mantes, nous avons d'abord regardé la carte (fig. 2) et nous avons vu qu'à l'endroit précis qui nous était assigné, la Seine avait un tracé assez tourmenté, son cours se divisait en plusieurs bras, et le petit bras, non navigable, longeait précisément la rive droite. Ces constatations ne nous ont pas remplis d'enthousiasme ; nous avons d'abord essayé d'éviter cette zone d'îles et de petits bras en rapprochant l'usine du village de Porcheville, mais nous avons vu très vite que c'était impossible car elle aurait été beaucoup trop près du village au goût de ses habitants et nous aurions même été obligés d'en démolir une partie.

Nous avons donc vu que notre prise d'eau devait être près de l'entrée du petit bras appelé « bras de Limay » et le rejet évidemment dans le petit bras ; c'était un inconvénient sérieux puisque le débit que nous devions dériver dans les condenseurs était, pour quatre groupes, déjà supérieur, en période d'étiage, au débit passant par le bras de Limay.

Nous nous sommes demandés alors s'il ne fallait pas envisager de restituer au moins une partie de l'eau dans le grand bras en faisant passer des galeries sous le petit bras et à travers

l'île ou encore s'il ne fallait pas prévoir, dans l'île, une nouvelle station de pompage pour pouvoir, en cas de nécessité, prendre l'eau dans le petit bras et la rejeter dans le grand. C'est alors qu'en étudiant le problème avec les Ingénieurs de la Navigation de la Seine, ceux-ci ont eu une idée, à la fois simple et géniale, ils nous ont dit : « le petit bras, vous n'avez qu'à le supprimer ».

Nous avons été, tout d'abord, un peu étonnés de cette proposition mais en l'examinant, nous avons vu que l'idée était très bonne et, après étude, un tracé a été retenu avec le Service de la Navigation de la Seine pour l'entrée du bras de Limay et le nouveau tracé de la berge, à l'emplacement de l'usine (fig. 3).

Ce tracé, comme vous le voyez, supprimait l'entrée du bras de Limay, rattachait à la rive droite une partie de l'île du Gillier, utilisait, en l'élargissant, comme nouvelle entrée du bras de Limay, un petit bras entre l'île du Gillier et l'île de Limay. Il permettait, en outre, de réaliser un alignement droit tout le long de l'usine, ce qui facilitait l'étude et la réalisation des ouvrages en bordure de Seine que nous avions à construire et qui sont, de l'amont vers l'aval :

- l'estacade de déchargement du charbon,
- l'estacade de déchargement du mazout,
- les réservoirs de stockage,
- la prise d'eau,
- l'ouvrage de rejet d'eau.



FIG. 2. — Plan de situation.

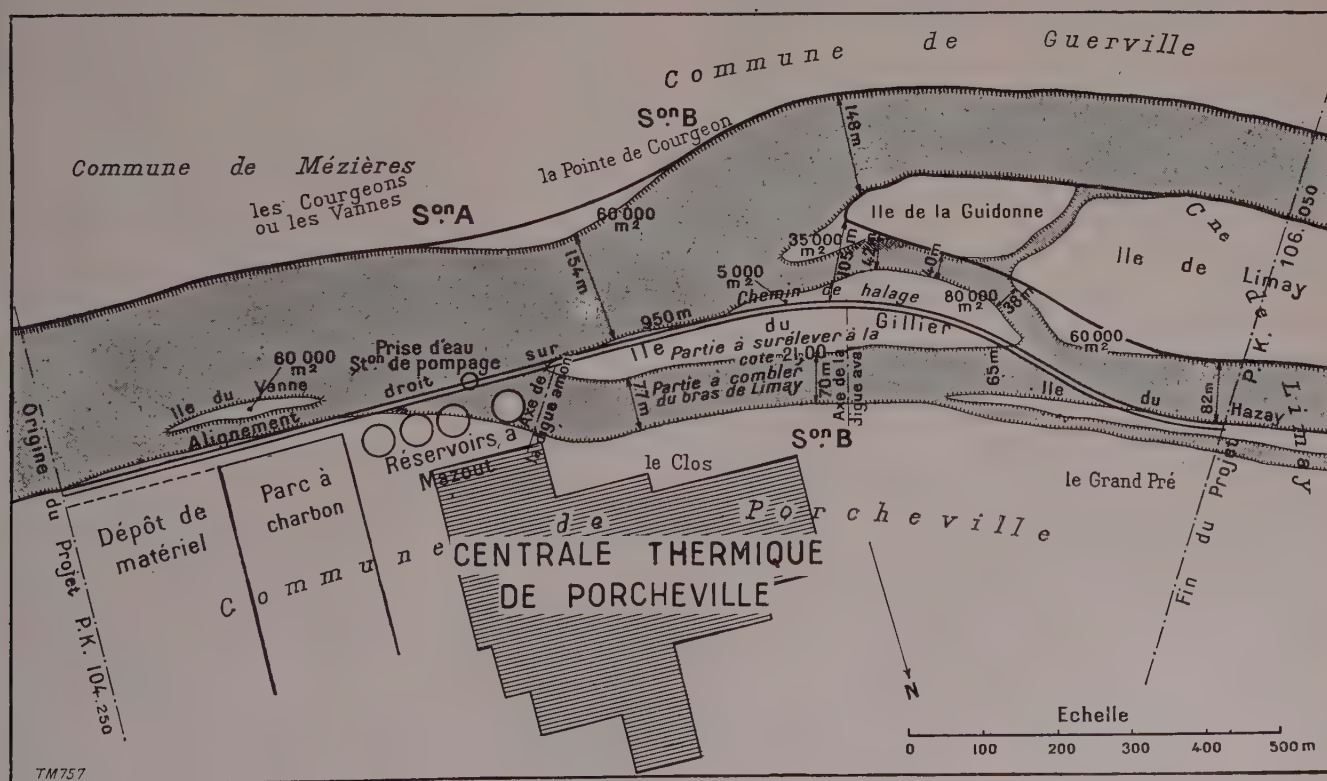


FIG. 3. — Plan de rectification du lit de la Seine.



FIG. 4. — Dragage suceuse et tuyauterie de refoulement.

(Photo H. Baranger.)

Ce nouveau tracé était favorable également à la navigation sur la Seine car il entraînait la suppression de deux bosses : l'une, dite « Ile du Vanné » (ancienne ile rattachée à la berge rive droite), l'autre, la pointe du Courgeon, sur la rive gauche.

Au total, les déblais à réaliser entraînaient un mouvement de terre d'environ 320 000 m³. Bien entendu, il était essentiel de transporter cette terre le moins loin possible, de façon à diminuer le prix de ces travaux. D'ailleurs, l'utilisation de ces déblais était nécessaire pour mettre certaines zones de la plateforme de l'usine à la cote voulue, comme nous le verrons tout à l'heure.

Deux procédés d'exécution pouvaient être retenus. Les terres à déblayer étaient constituées essentiellement par du sable et du gravier. Certaines entreprises ont donc proposé l'utilisation de dragues à godets déversant les produits de dragages dans des chalands porteurs intermédiaires, ces chalands porteurs étant eux-mêmes déversés dans les zones à remblayer.

D'autres entreprises, comme celle qui a été chargée des travaux, ont proposé l'emploi de dragues suceuses refoulant directement les déblais dans les zones à remblayer par une canalisation sous pression. Ce procédé, qui utilisait moins de personnel et de matériel que le premier, était plus économique.

La figure 4 représente une des dragues utilisées par l'entreprise pour les travaux de Porcheville. Elle fonctionne de la façon suivante :

Le terrain est attaqué au-dessous du plan d'eau à l'aide d'un tube articulé de gros diamètre qui se déplace dans un évidement vertical aménagé dans l'étrave du bateau et muni, à son

extrémité, de plusieurs couteaux animés d'un mouvement de rotation. Ce mouvement est transmis par un arbre entraîné lui-même par un moteur de la drague.

Le terrain est ainsi désagrégé et aspiré en même temps dans le tube par une pompe qui constitue une émulsion d'eau sableuse, laquelle est refoulée dans une tuyauterie continue supportée par des flotteurs au travers du fleuve et simplement posée sur le sol à terre ; le dépôt se fait dans des zones préalablement délimitées par des levées de terre. Ce procédé n'est évidemment pas utilisable partout puisqu'il est nécessaire que le terrain à déblayer puisse être désagrégé au moyen des couteaux rotatifs et que les transports ne dépassent pas quelques centaines de mètres. Il y avait d'ailleurs un certain risque à adopter ce procédé à Porcheville, car nous savions que certains bancs contenaient d'assez gros galets et même des blocs et nous n'étions pas absolument certains que ce procédé puisse fonctionner tout le temps. Néanmoins, l'entreprise en a pris la responsabilité après avis favorable des Ingénieurs de la Navigation de la Seine et l'expérience a montré que ce procédé fonctionnait d'une façon parfaite. Il a permis de renvoyer les déblais à une distance atteignant 600 à 700 m au maximum.

Sur la vue d'ensemble, prise d'avion, vers la fin des travaux, (fig. 16) on voit très bien, de part et d'autre de l'emplacement de l'usine, les aires de remblais hydrauliques délimitées par des levées de terre. On aperçoit également, tout à fait en haut de la photographie, une des dragues en fonctionnement et on voit également le tuyau supporté dans la Seine au moyen de flotteurs et débouchant dans la zone de remblai qui est, ici, constituée par l'ancienne ile du Gillier et une partie de l'ancien bras de Limay.

TERRASSEMENTS

Nous avons donc ainsi réglé d'une façon techniquement très satisfaisante et, au surplus, économique, le problème de la modification du tracé de la Seine. Mais pour rendre utilisable l'emplacement de Porcheville, les terrassements fluviaux dont je viens de parler n'étaient pas seuls indispensables ; il fallait procéder à d'importants mouvements de terre à l'emplacement même de l'usine. Ces mouvements, comme nous l'avons déjà vu, étaient nécessaires surtout pour deux sortes d'ouvrages.

Tout d'abord, il fallait disposer d'une plate-forme horizontale pour l'usine proprement dite et pour le poste électrique. En outre, il fallait réaliser l'embranchement de voies ferrées reliant la centrale future et son parc à charbon à la ligne de chemin de fer de Paris à Mantes par Argenteuil. Cette voie passait à 1 300 m environ de distance de la centrale et à la

cote + 33,42, c'est-à-dire à 12,42 m plus haut que la centrale. Comme il n'était pas possible d'accepter de pentes dépassant 10 mm/m ni de courbes de plus de 150 m de rayon, cela imposait pour l'embranchement de voies ferrées, un développement de 2 655 m. Cet embranchement devait également comprendre le faisceau de voies permettant la réception des trains, faisceau qui doit pouvoir contenir un certain nombre de trains pleins à l'arrivée et de trains vides au départ. Ce faisceau devait comprendre, tout d'abord, quatre voies de 500 m de long mais les terrassements ont été prévus et réalisés tout de suite pour pouvoir installer huit voies de 700 m de long. Ce faisceau doit d'ailleurs être horizontal pour que les trains en stationnement ne risquent pas de s'emballer par suite d'une fausse manœuvre.

Pour toutes ces raisons, les terrassements des voies ferrées constituent un ensemble assez important (fig. 5).

FIG. 5. — Terrassement de l'embranchement de voies ferrées.



(Photo H. Baranger.)

Mais d'autres terrassements étaient nécessaires pour réaliser la plate-forme de l'usine, qui atteint, à Porcheville, une trentaine d'hectares. Cette surface était nécessaire pour le grand poste d'interconnexion d'une part, et, d'autre part, pour le parc à charbon à côté duquel l'usine proprement dite tient peu de place (fig. 6).

Un problème s'est posé au début de nos études : c'est celui du niveau de cette plate-forme ; il est bien évident que, suivant la cote qui serait retenue, on pouvait avoir soit trop de déblais avec nécessité de faire des dépôts, soit trop de remblais avec nécessité de faire des emprunts. Il y avait bien une solution moyenne : celle de l'égalité des déblais et des remblais ; mais il n'était pas certain, *a priori*, que le niveau correspon-

dant à cette égalité serait le niveau « optimum », lequel, dans une usine comme Porcheville, est lié à toutes sortes de considérations que je ne citerai pas car elles nous entraîneraient trop loin. Fort heureusement, nous avons pu, à très peu de chose près, faire coïncider ces deux niveaux. La cote retenue pour la plate-forme de l'usine a été la cote + 21 qui, étant celle atteinte par la crue de 1910, a été considérée comme mettant à l'abri des inondations. Elle n'a nécessité que de très légers emprunts.

Au total, les mouvements de terre qui ont dû être réalisés à Porcheville ont porté sur 450 000 m³. Ce n'est pas un volume de terrassement très considérable et certains chantiers d'équipement hydraulique, sans parler des chantiers du Rhin ou du

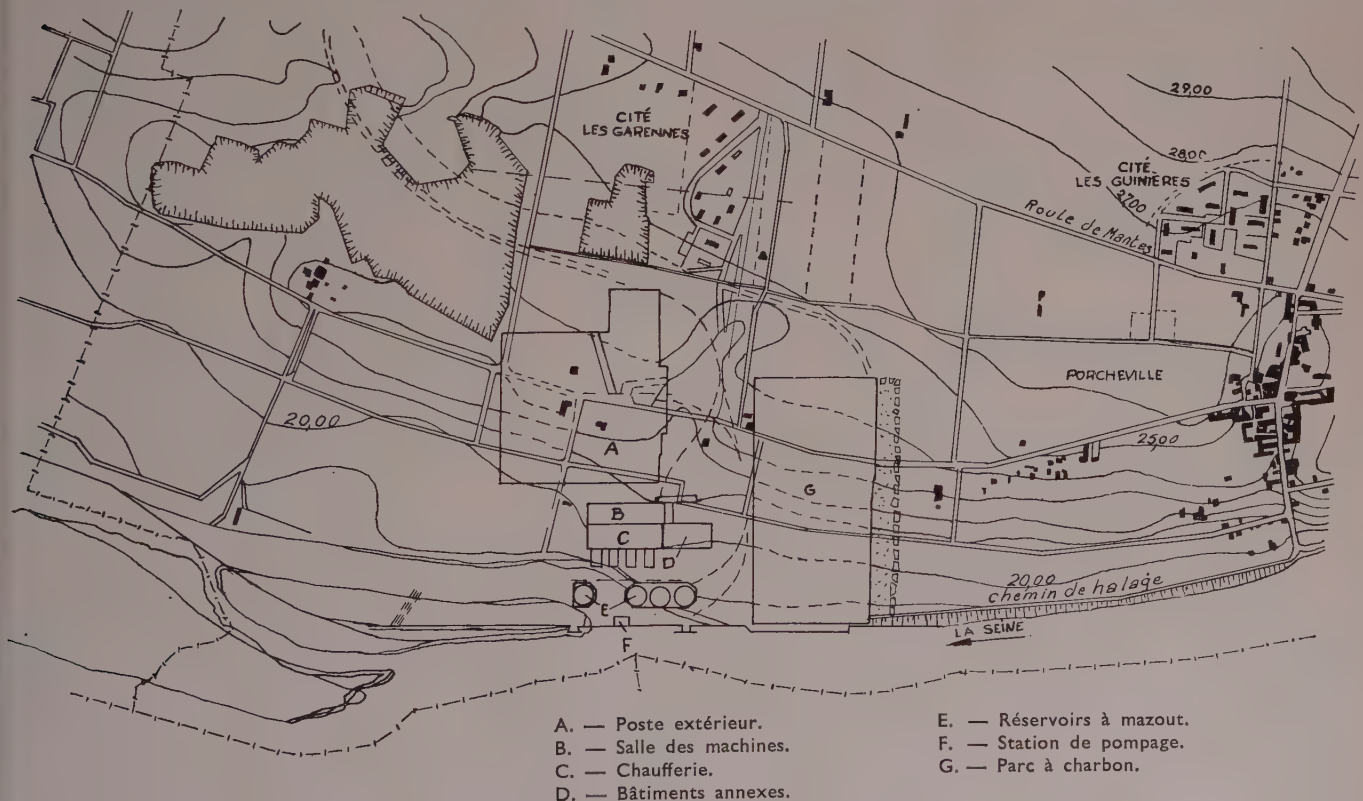


FIG. 6. — Plan de situation de la centrale de Porcheville et de ses abords.

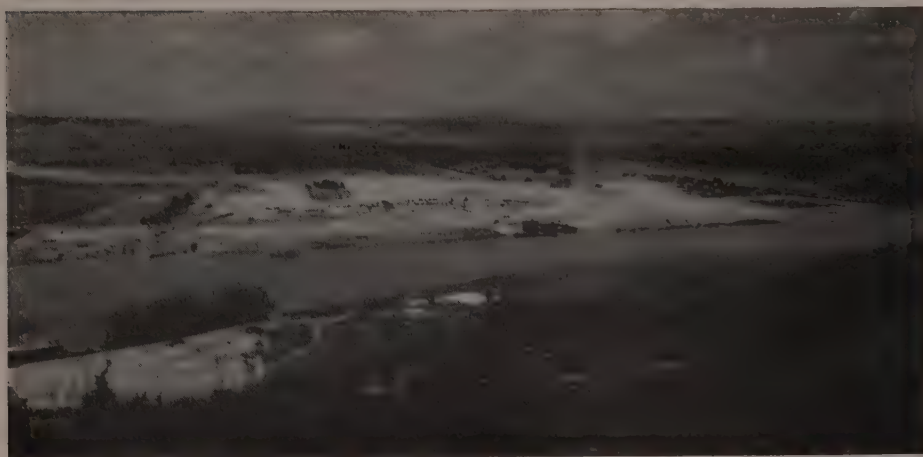


FIG. 7. — Terrassement de la plate-forme de l'usine en cours d'exécution (juillet 1954).

(Photo H. Baranger.)

Rhône, nécessitent des terrassements beaucoup plus importants mais, néanmoins, ce volume nous inquiétait un peu car nous devions exécuter ces travaux très rapidement. En effet, nous n'avons pu prendre possession des terrains avant la fin du mois de février 1954 et notre programme nous imposait de mettre en place les premières charpentes au mois de juillet; les autres charpentes, puis le matériel, devaient arriver ensuite. Il fallait donc qu'à cette date, nous ayons un embranchement de voie ferrée en service.

Les travaux ont été confiés, après appel à la concurrence, à une entreprise qui mérite bien sa réputation d'entreprise dynamique et qui nous a proposé des délais même plus courts que nous n'osions l'espérer. Elle avait prévu l'emploi de moyens modernes et puissants, c'est-à-dire de bulldozers et de scrapers. Fort heureusement, le terrain comportant à peu près uniquement du sable et du gravier, se prêtait bien à l'utilisation de ce genre de matériel et à une rotation rapide des engins. L'entreprise a rencontré, au cours des travaux, un certain nombre de gros blocs qu'il n'était pas très facile d'enlever, mais ces blocs étaient en nombre très limité et ils n'ont pas retardé l'exécution des travaux. Voici, mois par mois, le volume des déblais et remblais réalisés :

début des travaux : 24 février 1954

mars	: 62 000 m ³
avril	: 90 000 m ³
mai	: 116 000 m ³
juin	: 102 000 m ³
juillet	: 28 000 m ³

Pendant que les terrassements étaient exécutés, nous faisons poser les voies de l'embranchement et les premiers wagons transportant les charpentes métalliques de la centrale ont pu être reçus le 28 juillet.

Voici donc un cas précis où l'emploi d'un procédé d'exécution de travaux publics moderne, bien que ne portant pas sur un volume de travaux très considérable, a donné des résultats extrêmement intéressants. En effet, on peut dire que la tenue de ces déblais s'est répercutée d'une façon totale sur les travaux d'exécution, de montage et de mise en service de la centrale, avec toutes les conséquences économiques et financières que cela comporte. En outre, ces mouvements de terre réalisés par voie terrestre et par voie hydraulique ont permis de transformer complètement le site relativement peu favorable de Porcheville en un excellent emplacement permettant de loger facilement l'usine prévue et des extensions importantes.

FONDATIONS

En même temps que ces problèmes de terrassements fluviaux et terrestres, nous avions à résoudre à Porcheville des problèmes de fondations.

Dans les considérations générales du début de cet exposé, je vous ai indiqué que l'augmentation de la puissance des centrales thermiques avait comme corollaire un accroissement de la concentration des charges.

Les plus importantes sont de beaucoup apportées par le bloc usine et, dans ce bloc, par chacune des quatre chaudières et chacun des quatre turbo-alternateurs.

Pour une tranche de production, le total des charges statiques du bloc usine se monte à 25 000 t environ, compte non tenu des effets dynamiques et du vent.

Le terrain sur lequel devait être fondée l'usine consistait essentiellement en des couches d'alluvions sablograveleuses reposant sur de la craie assez fissurée et délitée en surface. La figure 3 représente la coupe de ces terrains perpendiculairement au cours de la Seine et sensiblement dans l'axe de l'usine.

On peut dire que, compte tenu des emplacements habituels

des centrales thermiques au bord des cours d'eau ou de la mer, il s'agissait d'une qualité de terrain relativement favorable : le terrain en place est assez proche du niveau retenu pour la plate-forme de l'usine (à 15 m environ) et, s'il ne s'agit pas de rocher — ce qui est rare dans notre cas — la craie molle et compressible en surface devient compacte en profondeur.

Un certain nombre de solutions pouvaient être envisagées pour les fondations du bloc usine. Chacune a fait l'objet d'une première étude de principe.

Il y avait, tout d'abord, la solution des semelles individuelles. Les charges à faire reposer sur les couches de sable et de graviers voisines de la surface étaient trop fortes pour que cette solution puisse être retenue et elle a été aussitôt éliminée.

Nous avons envisagé ensuite la construction sur radier; mais il existait en profondeur des couches compressibles qui rendaient aléatoire la stabilité de cet ouvrage. Les dispositions qu'on pouvait prendre pour augmenter cette stabilité, qui consistaient à augmenter la surface de répartition ou à approfondir le niveau d'assise du radier, contribuaient à augmenter son prix, de telle sorte que cette solution également a été écartée.

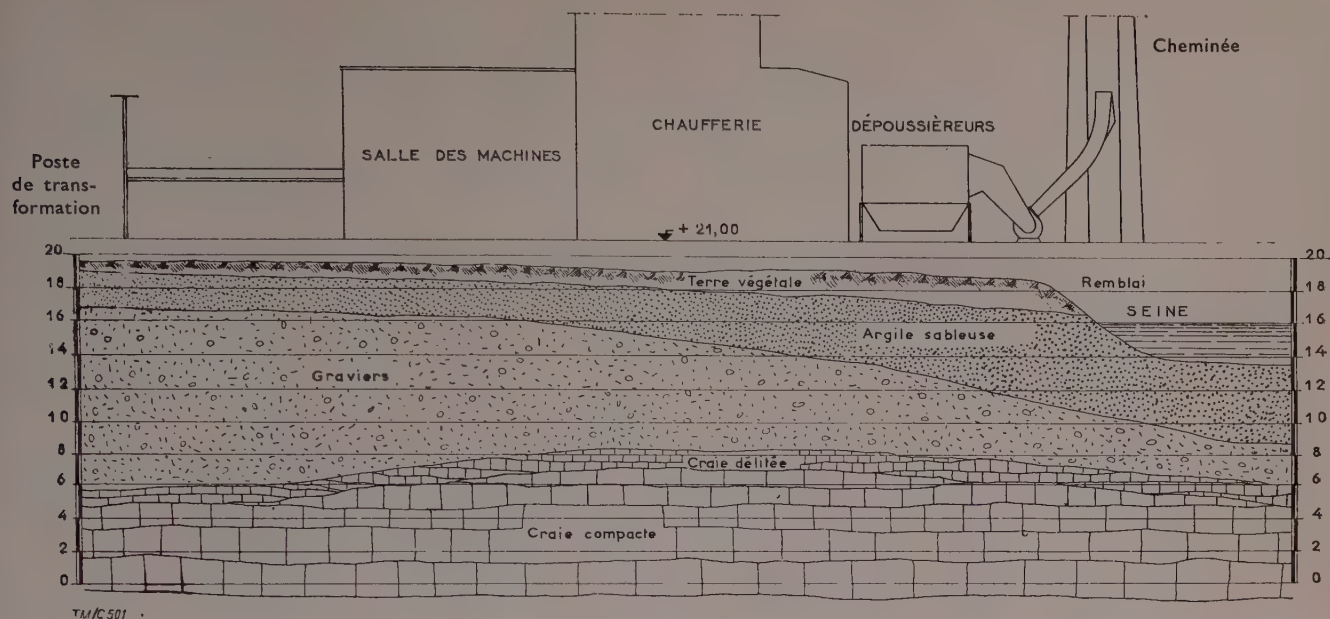


FIG. 8. — Coupe géologique du terrain.

Deux solutions restaient donc en présence :

— L'une comportant des pieux préfabriqués foncés par battage ;

— L'autre utilisant des pieux forés et moulés dans le sol.

Ces deux solutions ont fait, chacune, l'objet d'une étude assez poussée. Il est apparu, comme on pouvait d'ailleurs le prévoir, que plus les charges étaient concentrées moins la solution par pieux battus était intéressante. En effet, d'une part, la dimension de ces pieux est limitée à la section courante de 40×40 cm ou, au maximum, de 50×50 cm, alors que les engins de forage permettent de réaliser des colonnes moulées dans le sol atteignant jusqu'à 1,50 m de diamètre ; d'autre part, et c'est là une considération très générale et importante dans notre cas, plus le nombre de pieux augmente pour une charge donnée, plus les semelles qui portent cette charge sur les pieux deviennent importantes et leur prix doit évidemment figurer dans la comparaison. En outre, indépendamment de toute question de prix, l'encombrement de ces semelles croît très rapidement et représente une gêne considérable en rendant difficile les passages dans le sol des caniveaux ou des conduites enterrées. Or, nous avons toujours dans une centrale thermique à passer dans le sol, soit en galerie, soit en caniveaux ou, même, sous forme de tuyauteries enterrées, des tuyauteries d'eau et de vapeur, des câbles électriques, qui nécessitent beaucoup de place et si les sous-sols sont déjà encombrés par des semelles de fondation, il n'y a plus de place pour passer les canalisations et il faut abaisser le niveau des semelles pour faire passer au-dessus lesdites canalisations, ce qui augmente le coût de l'ouvrage.

Nous avons donc, à la fois une raison technique et une raison de prix de revient pour préférer les fondations sur colonnes moulées de gros diamètre aux fondations sur pieux battus. Mais il y avait encore une autre raison à cette préférence : c'est que le battage des pieux d'essais avait révélé, dans certaines zones, la présence de blocs enterrés et il était impossible de faire traverser ces blocs par les pieux battus. Nous aurions donc eu, pour des pieux très voisins, de grandes différences de fiche. Ceci comportait un double risque : d'abord un risque de tassements inégaux entre des

pieux, avec des longueurs de fiches très différentes et, en outre, le risque que l'ensemble d'un bloc reposant sur une couche molle ne vienne à s'enfoncer sous l'action des charges. Ce risque était peut-être faible mais il était suffisamment grave pour que nous n'ayons pas voulu le courir.

En résumé, à la suite de ces études préliminaires, nous avons décidé de réaliser les fondations du bloc usine sur des pieux forés et moulés dans le sol, cette solution étant, à la fois, la plus sûre et la plus économique ; mais nous n'en avons pas, pour autant, éliminé les pieux battus de la centrale de Porcheville et nous les avons employés quand nous n'avions pas à vaire à des charges aussi concentrées, ce qui a été le cas, notamment, pour toutes les estacades en Seine. Nous les avons employés également pour supporter les tuyauteries de circulation dans des zones de mauvais terrain. Au total, plus de 500 pieux ont été battus.

Le principe de la fondation sur pieux forés ayant été retenu, nous avons tout d'abord, avant les travaux, déterminé d'une façon approximative les longueurs de pieux dans les différentes zones de fondation.

Il fallait évidemment calculer la force portante des pieux dans les conditions les plus défavorables, c'est-à-dire, l'eau étant supposée atteindre la cote + 21,00.

Étant donné leur mauvaise qualité, nous avons admis que les remblais et les limons de surface n'apportaient aucune résistance au frottement latéral des pieux. Par contre, il a été tenu compte de la résistance au frottement latéral dans les graviers.

La couche de graviers était d'épaisseur variable et il est possible que, dans certains cas, pour des appuis de grand diamètre et avec une couche de graviers épaisse, celle-ci aurait pu être suffisante pour supporter l'appui en question, mais nous avons pensé que cette disposition ne donnait pas une sécurité complète. En effet, cette couche de graviers surmonte la partie supérieure de la craie qui y est toujours d'assez mauvaise qualité comme nous nous en étions rendu compte par les sondages. Cette craie molle était compressible, il y avait donc un risque de voir la couche de graviers se

déformer par suite de la compression de cette couche de craie et nous avons estimé qu'il était indispensable de traverser cette couche de craie molle et d'amener systématiquement la base de tous les pieux dans la craie résistante, chaque pieu pénétrant dans la craie d'une longueur d'ancrage suffisante pour que cette craie supporte au moins la moitié de la charge appliquée en tête avec un coefficient de sécurité égal à 4.

Dans le cas — accidentel — où cette couche de graviers viendrait à tasser par suite de la compression de la couche

de craie molle, toute la charge se trouverait reportée à la pointe du pieu dans l'ancrage sur la craie. Cela reviendrait donc à doubler cette charge.

Des essais de chargement effectués sur place ont montré que la craie compacte pouvait être chargée à environ 12 kg/cm^2 avec un coefficient de sécurité de 4 à 5 par rapport au poinçonnement et une déformation de la plaque d'appui de l'ordre de 10 mm.



(Photo H. Baranger.)

FIG. 9. — Matériel de forage en action.

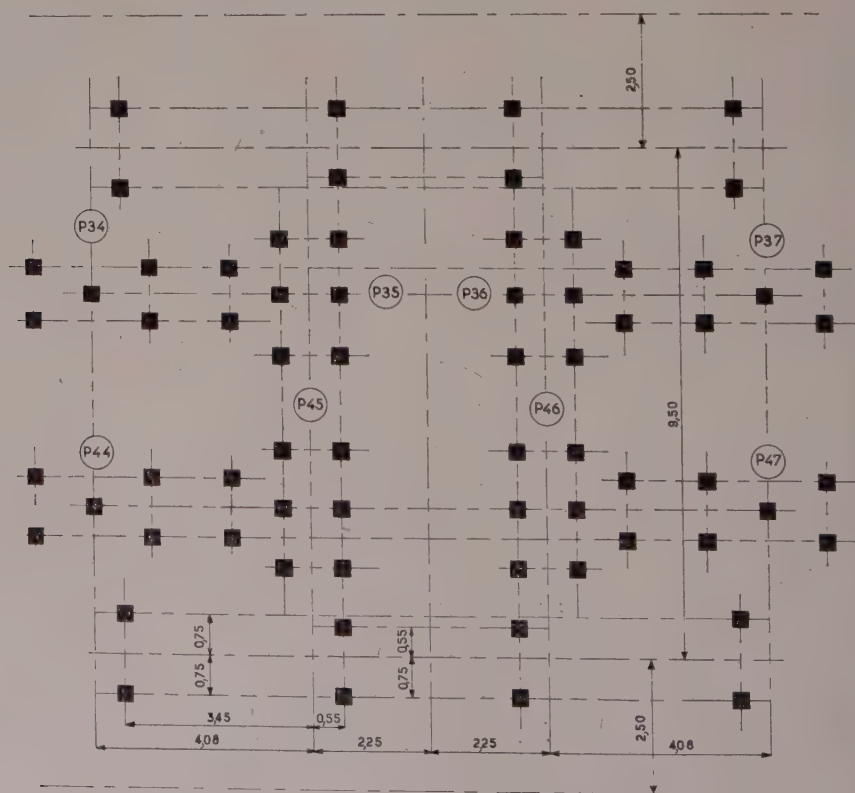


FIG. 10a. — Centrale Arrighi à Vitry.

La profondeur de chaque pieu et la longueur de son ancrage dans la craie ont été déterminées d'une façon précise, au fur et à mesure de l'avancement des travaux, à l'aide de feuilles de calculs dont le cadre était préparé à l'avance et où l'on indiquait les cotes du haut et du bas des graviers et du haut de la craie compacte, cotes qui variaient assez notablement d'un pieu à l'autre.

Comme précaution supplémentaire, il a été décidé de disposer, dans chaque pieu, des tubes permettant l'injection de la craie. En effet, les sondages avaient montré que toute la partie supérieure de la craie était très fissurée et il paraissait donc certain qu'une injection, même à faible pression, devait boucher un certain nombre de fissures et diminuer les possibilités de déformabilité des couches de craie sous les charges. La réalisation de ces ouvrages a été confiée, après appel à la concurrence, à un groupement comprenant deux entreprises, utilisant chacune un procédé différent.

Je crois que cette association que nous n'avons pas recherchée mais qui s'est proposée au cours de l'appel d'offres, a été, dans le cas particulier, une formule heureuse. Elle a permis d'utiliser chaque procédé dans les meilleures conditions. L'une des entreprises était outillée pour réaliser des pieux de diamètres relativement petits : c'est elle qui a exécuté les pieux de 56 cm, et elle était outillée également pour exécuter des pieux inclinés. En effet, nous avons été amenés à prévoir un assez grand nombre de pieux inclinés, notamment pour les fondations des cheminées, afin d'absorber les efforts horizontaux dus au vent.

L'autre entreprise a utilisé un procédé qui permet de réaliser des pieux de gros diamètres, ce qui était particulièrement intéressant dans le cas des fondations de notre centrale de

Porcheville puisque certains poteaux supportaient de 800 à 900 t.

Nous avons donc à notre disposition une gamme très souple de diamètres de pieux que nous avons utilisée de façon à adopter, pour chaque appui, la solution la plus économique et surtout afin d'avoir le moins possible de semelles de répartition pour la raison que je vous ai exposée tout à l'heure.

Le nombre de pieux correspondant aux quatre tranches du bloc usine sans les cheminées a été, au total, de 418 se répartissant entre les diamètres suivants :

215 pieux de 0,56 m dont 120 inclinés

33	—	0,83 m
111	—	1,03 m
37	—	1,26 m
22	—	1,53 m

J'ai déjà fait allusion, à propos des terrassements, à la date tardive à laquelle nous avons pu prendre possession des terrains de l'usine de Porcheville et y commencer nos travaux. Nous avons donc été amenés à établir un programme de travaux de fondations très serré et, là aussi, l'association d'entreprises s'est révélée fructueuse en raison de l'importance des moyens qui ont pu être mis en œuvre en même temps et qui ont permis, le premier pieu ayant été commencé le 5 avril 1954, d'achever les pieux du bloc usine le 28 septembre.

La figure 9 représente une vue du chantier de Porcheville prise au cours de l'été 1954 où l'on voit en action ces matériels de forage, d'ailleurs bien connus.

Dans les figures 10a et 10b ont été représentées, à la même échelle, une zone des fondations de la Centrale d'Arrighi-Vitry-Sud réalisées en 1929-1930 en pieux battus et une surface correspondante des fondations de Porcheville réalisées en pieux forés.

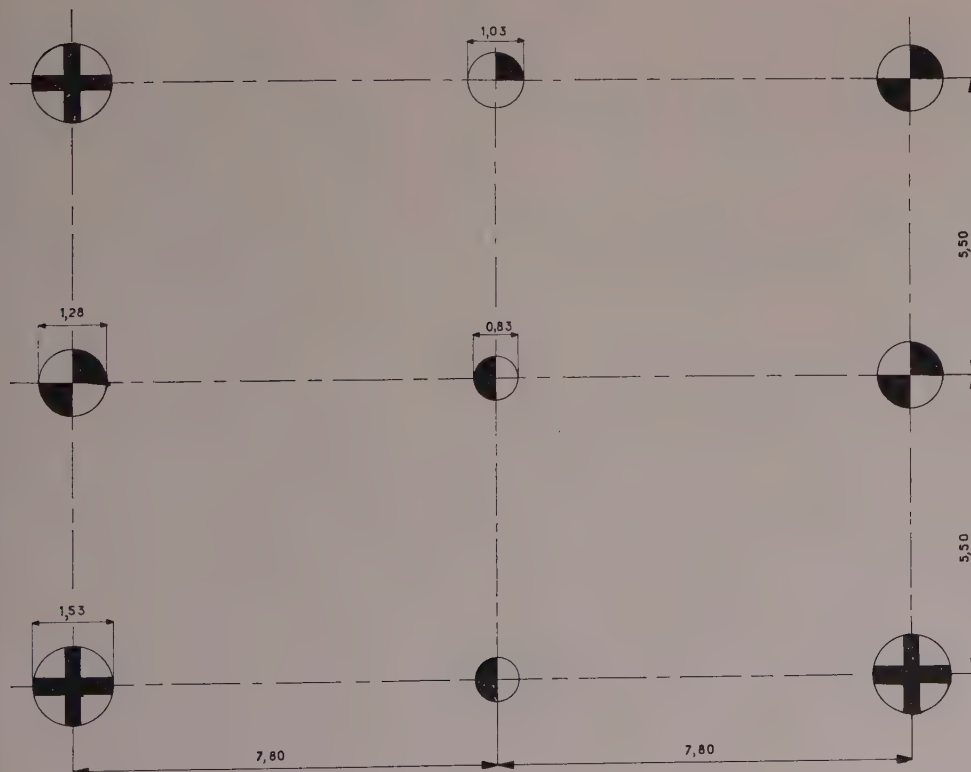


FIG. 10b. — Centrale de Porcheville.

FIG. 10c. — Semelles de fondations de la salle des machines et poteaux en cours d'exécution.



(Photo H. Baranger.)

CHEMINÉES

Je vous ai déjà dit, en commençant, que nos centrales thermiques modernes nécessitaient de hautes cheminées. Celles de Porcheville — qui ne constituent d'ailleurs pas un record comme on l'a écrit, à tort, dans certains journaux — sont néanmoins de hauteur respectable. Elles ont une hauteur de 125 m au-dessus du sol. Pourquoi cette dimension? La hauteur des cheminées des centrales n'est pas déterminée uniquement par le calcul. Dans le cas de Porcheville nous nous sommes arrêtés à une hauteur de 125 m qui correspond à une altitude un peu supérieure à celle des collines qui bordent immédiatement la Seine, ceci afin d'éviter, dans toute la mesure du possible, les effets de rabattement des fumées qui se produisent quelquefois dans les vallées sous l'action de certains vents.

Je ne donnerai pas de détails sur l'exécution même de ces cheminées qui ont été réalisées, à raison d'une cheminée pour deux tranches de production, en blocs préfabriqués, d'après un procédé très classique. Je dirai, néanmoins, un mot des fondations. Les efforts du vent ont une importance primordiale dans la détermination des fondations de hautes cheminées. Les Règles NV 46 ont été appliquées et nous avons retenu un coefficient de site de 1,25, ce qui correspond, pour la zone

3 où se trouve Porcheville, à un site intermédiaire entre un site normal et un site exposé. Nous avons été conduits à admettre une pression maximum du vent de 200 kg/m^2 environ au sommet, tous coefficients pris en compte.

En ce qui concerne les pieux de fondation, nous avons constaté, au cours des études, qu'il était plus intéressant d'utiliser un grand nombre de pieux de faibles diamètres plutôt qu'un nombre moindre de gros pieux. En effet, les pieux ont été conditionnés pour ne pas subir de traction sous l'effet du vent normal mais il y avait lieu de vérifier, conformément aux normes, que la sécurité de l'ouvrage restait assurée, le vent normal en question étant majoré de 5/3. Sous l'action d'un tel vent, ces pieux subissent un effort de traction plus dangereux que l'effort de compression sous les charges verticales. Cet effort est absorbé d'autant mieux par le sol que la surface de contact entre les pieux et le terrain est plus forte. C'est la raison pour laquelle des pieux de 56 cm de diamètre avec armatures ont été utilisés. Chaque cheminée comporte 24 pieux inclinés et 32 pieux verticaux. Ces pieux sont disposés à la périphérie de la semelle supportant la cheminée.

OUVRAGES DE PRISE ET DE RETOUR D'EAU

Les ouvrages de prise et de retour d'eau sont parmi les plus importants et les plus délicats des ouvrages de génie civil des centrales thermiques.

Ils doivent présenter une grande sécurité et nécessiter le moins possible d'entretien car les travaux y sont difficiles après la mise en eau de l'ouvrage.

La prise d'eau (fig. 11) comporte quatre fois les mêmes éléments correspondant aux quatre tranches actuellement installées à Porcheville, c'est-à-dire, de l'amont vers l'aval :

- quatre grilles à gros barreaux,
- quatre grilles rotatives,
- quatre pompes de circulation noyées à axe vertical.

Le point bas du radier est à la cote + 9,60 alors que le plan d'eau de la Seine est à + 15,50, c'est-à-dire 6 m plus haut. Ce fait nécessitait des procédés spéciaux d'exécution.

Après avoir examiné les différentes solutions possibles, nous avons retenu le double batardeau de palplanches (fig. 12).

On pourrait trouver que cette solution est luxueuse et qu'un batardeau simple pouvait suffire comme nous l'avions d'abord prévu. Nous avons, toutefois, estimé prudent à la réflexion, de réaliser ce dispositif en raison de la grande perméabilité des terrains de fondation d'une part, et, d'autre part, pour constituer ainsi un terre-plein autour de l'ouvrage qui se trouvait, au moment des travaux, encore en Seine. Nous pensions également pouvoir éviter les étais dans le batardeau

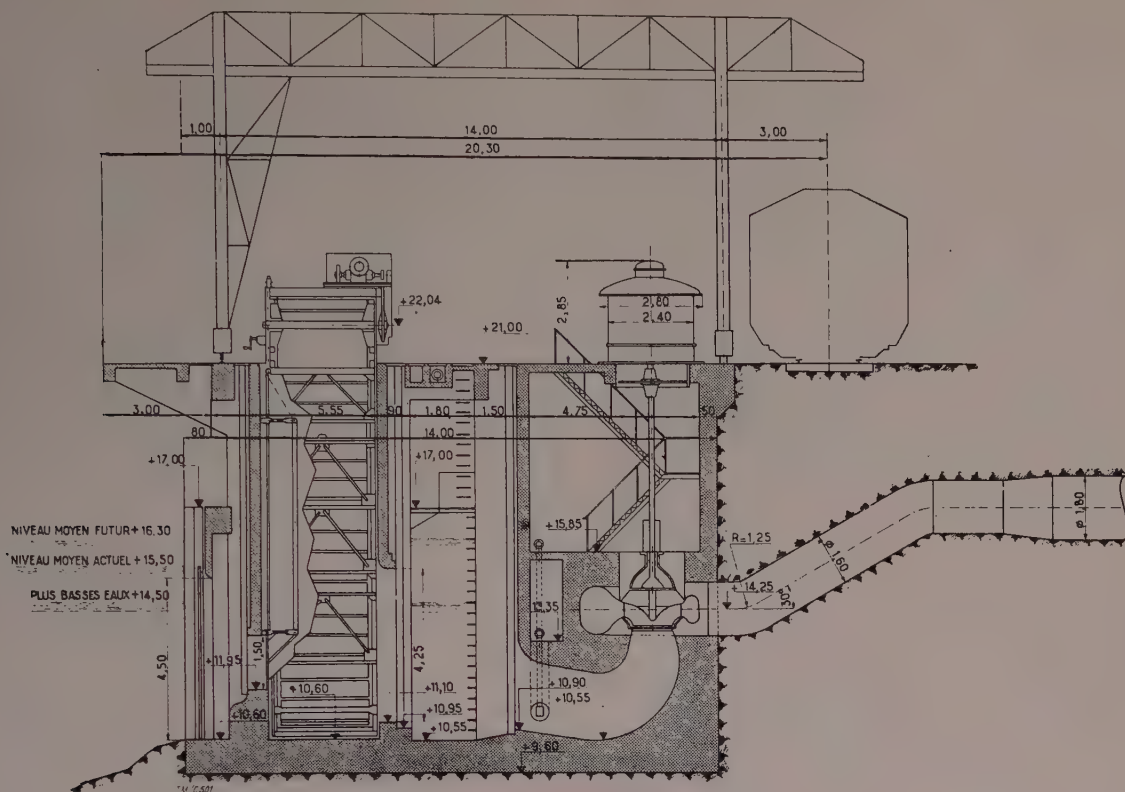


FIG. 11. — Coupe de la station de pompage.



FIG. 12. — Double batardeau de l'ouvrage de prise d'eau et station de pompage.

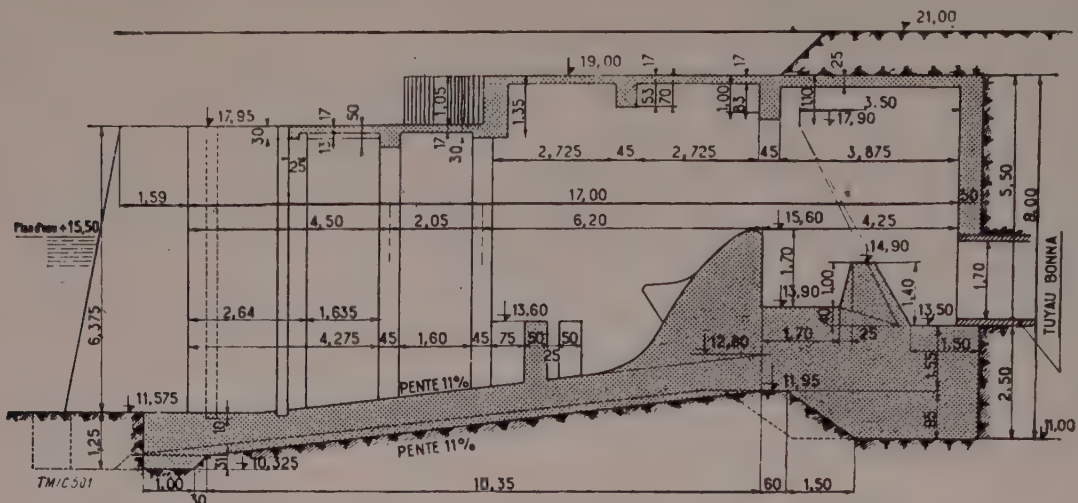


FIG. 13. — Coupe de l'ouvrage de restitution d'eau.

central en butant l'un contre l'autre les deux rideaux avec des tirants. Comme vous le verrez, nous n'avons pas pu les éviter complètement.

D'ailleurs, si les palplanches du batardeau central devaient être laissées en place pour constituer parafoille, celles du batardeau extérieur ont été arrachées et réutilisées pour l'exécution de l'ouvrage de restitution.

Les quelques incidents qui se sont produits au cours des travaux ont montré, au surplus, que cette précaution du batardeau double était justifiée.

En effet, après battage des rideaux de palplanches (du 8 juin au 9 août 1954), l'entreprise a commencé à exécuter comme nous l'avions prévu, les terrassements à sec dans l'enceinte intérieure, en abaissant le plan d'eau par pompage au fur et à mesure de l'exécution des fouilles.

Mais alors que la cote + 9 était atteinte, c'est-à-dire très près du fond de la fouille, une venue d'eau importante s'est produite — non pas du côté de la Seine, mais du côté de la

rive — il s'agissait très certainement d'un débouillage du terrain en dessous des rideaux de palplanches, à l'emplacement de l'ancien bras de Limay.

En même temps, le batardeau intérieur s'inclinait légèrement vers l'intérieur.

A ce moment, on a laissé noyer la fouille pour équilibrer les pressions sur le rideau de palplanches et, après avoir examiné la situation avec l'entreprise, nous avons estimé prudent d'achever le terrassement sous l'eau. En outre, pour éviter tout nouveau mouvement des palplanches, le rideau intérieur a été étayé au moyen d'un cadre en palplanches soudées formant poutres caisson.

Le terrassement sous l'eau a été poursuivi jusqu'à la cote + 8 et un radier de gros béton a été coulé sous l'eau également, jusqu'à la cote + 9,60. A ce moment, l'enceinte intérieure a été asséchée et l'ouvrage a pu être exécuté entièrement à sec mais pas en une fois, car, pendant que les travaux se poursuivaient, au moment où le radier armé étant achevé,



FIG. 14. — Mise en place des tuyauteries de circulation.

(Photo H. Baranger.)

les parois en béton armé de l'ouvrage étaient en cours d'exécution, est survenue la crue de janvier 1955. Nous n'avions pas de chance puisque cette crue a été une des plus fortes de celles qui se sont produites sur la Seine depuis 1910. Nous avons donc été obligés de suspendre les travaux et même, par précaution, de noyer volontairement toute l'enceinte intérieure du batardeau. L'entreprise avait pu, heureusement, enlever à temps les coffrages, de telle sorte qu'il n'y a pas eu, à vrai dire, de dégâts et les travaux ont été repris à la date du 15 mars. Depuis cette date, les travaux ont pu être poursuivis sans aucun incident et à la date du 15 mai, le montage des pompes et des grilles a pu commencer. C'est ainsi que cet important ouvrage était complètement terminé, le matériel monté et essayé à la fin de l'année 1955, c'est-à-dire à la date des premiers essais de démarrage de l'usine.

Je ne dirai qu'un mot de l'exutoire bien que cet ouvrage soit d'une importance comparable à celui de la station de pompage. Il a été exécuté avec un procédé absolument ana-

logue, c'est-à-dire en utilisant une double enceinte de palplanches.

Il comprend quatre parties identiques correspondant, chacune, à une tranche de l'usine (fig. 13).

Chacune de ces parties comporte une chambre d'eau dans laquelle débouche chaque tuyau de retour d'eau, un seuil de déversement arasé à la cote + 15,80 et un radier descendant jusqu'à la cote + 11,60 environ et comportant des blocs de béton formant saillies et destinés à briser la vitesse résiduelle de l'eau évacuée.

Cet ouvrage a pu être exécuté entièrement au cours de l'été 1955, c'est-à-dire dans de très bonnes conditions et comme d'autre part, les entreprises bénéficiaient de l'expérience qu'elles venaient d'acquérir de l'ouvrage de prise d'eau, ces travaux se sont déroulés sans le moindre incident et l'ouvrage était presque entièrement terminé au moment où il a été nécessaire de mettre en eau le circuit de condensation de la première tranche.

TUYAUTERIES DE CIRCULATION

L'application du principe de la tranche unitaire nous avait conduits à prévoir des tuyauteries de circulation entièrement indépendantes. Ces tuyauteries relient, d'une part, les pompes de circulation au condenseur pour l'amenée de l'eau et, d'autre part, le condenseur à l'ouvrage de restitution pour le rejet. Elles sont constituées par des tuyaux en béton armé avec âme en tôle. Ce type de canalisation est trop connu pour que je le décrive en détail ici, néanmoins, il est intéressant de signaler que ces tuyauteries ont un diamètre important : 1,70 m et que leur longueur totale est considérable puisqu'elle atteint environ 700 m par tranche, soit, au total, 2,800 km pour toute la centrale.

En raison de la qualité assez bonne du sol de fondations, dans toutes les parties courantes ces tuyauteries ont reposé simplement sur des berceaux en béton portant eux-mêmes sur une dalle de répartition légèrement armée. Cette dalle, faite suffisamment à l'avance, constituait une véritable route en

béton, ce qui a permis à l'entreprise d'effectuer une mise en place particulièrement rapide (fig. 14).

En effet, les camions transportant chacun un élément venaient directement de l'usine du constructeur, située à une trentaine de kilomètres et les tuyaux étaient déchargés exactement à leur emplacement définitif.

Il a fallu, toutefois, prendre certaines précautions, dans les zones situées au voisinage de la Seine, au raccordement des tuyaux, d'une part, avec l'ouvrage de prise et, d'autre part, avec l'ouvrage de restitution. Des joints spéciaux formant soufflets ont été disposés au raccordement entre les tuyauteries et les ouvrages. En outre, dans la zone voisine de la prise d'eau qui correspondait à l'ancien bras de Limay et dont le sous-sol était limoneux, des pieux ont été battus pour supporter les tuyauteries. Tous ces dispositifs ont donné satisfaction et, depuis la mise en service de l'usine, il n'y a eu aucun mouvement anormal, notamment au voisinage des ouvrages en Seine, dans les zones qui constituaient évidemment les points délicats.

CONCLUSIONS

Voici donc un aperçu rapide des principaux problèmes de travaux publics qui se sont posés à Porcheville et je voudrais tirer de ces problèmes particuliers, je ne dirai pas des leçons, mais quelques conclusions d'un caractère plus général.

Ce sont d'abord les mêmes natures de travaux que nous rencontrons dans nos divers chantiers de centrales thermiques, leur importance relative peut varier suivant les sites, suivant les programmes particuliers de chaque usine, néanmoins, leurs caractères propres, conditionnés par l'état actuel de la technique des centrales thermiques que j'ai mentionné en commençant, restent semblables. Cette constatation est déjà intéressante pour orienter les études de ceux qui ont la charge de l'équipement thermique d'Electricité de France.

Comme on peut prévoir, du moins dans la perspective de quelques années, que l'évolution actuelle du matériel vers l'augmentation des puissances se poursuivra, on peut en conclure que, d'une manière générale, l'importance des terrassements, des fondations, des ouvrages fluviaux ou maritimes augmentera également dans les futures centrales et je pense que cette prévision peut intéresser les entrepreneurs.

Enfin, il est une considération sur laquelle je voudrais, en terminant, attirer l'attention : une centrale thermique est

constituée par un ensemble fonctionnel d'ouvrages et de matériels extrêmement divers et puisque nous parlons aujourd'hui de travaux publics, les travaux de ce genre qui entrent dans cet ensemble, pour importants qu'ils soient, n'en constituent pas l'essentiel. Si l'on veut chiffrer leur valeur relative, on peut dire qu'ils représentent de 10 à 15 % du prix de l'usine ; mais on aurait tort de mesurer seulement par leur coût, leur importance dans la réalisation de ladite usine et cela en raison de la place très particulière — et qui mérite d'être examinée — que tiennent ces ouvrages, d'abord dans le programme des études et, ensuite, dans celui des travaux.

Pour ce qui est des études, les thermiciens et les électriciens peuvent les pousser assez loin à partir du moment où le choix des caractéristiques principales du matériel a été fait et même si l'emplacement de la future centrale n'est pas connu ; mais nos ingénieurs de génie civil ne peuvent à peu près rien entreprendre comme études d'infrastructure tant que l'emplacement de la centrale n'a pas été fixé d'une façon précise et nous rejoignons encore ici le problème des emplacements que nous avons déjà rencontré au cours de cet exposé.

Ensuite, l'emplacement ayant été fixé et même si le terrain a pu être choisi suffisamment tôt, il n'est pas possible de bâtir des projets suffisamment précis des ouvrages de génie civil

pour appeler les offres des entrepreneurs, du moins pour la plupart des travaux, tant que les principaux matériels, les chaudières, les turbo-alternateurs n'ont pas été commandés et que leurs constructeurs n'ont pas fixé leurs caractéristiques d'encombrement, leur poids, leurs dispositions.

C'est seulement une fois ces conditions réunies que les ouvrages de génie civil peuvent être commandés et le chantier être ouvert, mais là encore on peut remarquer les conditions particulières et très délicates dans lesquelles se trouvent les travaux publics de nos centrales thermiques quand s'ouvre la phase des travaux :

En effet, c'est — me semble-t-il — l'un des critères de ce qu'on peut appeler « travaux publics » de ne pouvoir être réalisés que sur place et sur mesure. Il n'est pas besoin de faire ressortir que, pour sa plus grande part, le matériel mécanique et électrique se fait en atelier. Les dispositions que nous pouvons prendre pour les superstructures des bâtiments : utilisation de charpentes métalliques, revêtements extérieurs en tôle d'acier ou d'aluminium, etc... tendent à placer les travaux de bâtiment dans une situation un peu analogue en permettant de plus en plus une préfabrication en ateliers. Bien entendu, nous agissons de même, quand c'est possible, pour les travaux d'infrastructure. C'est le cas, notamment, pour les tuyauteries d'eau de circulation dont, à Porcheville, les éléments ont été faits entièrement en usine.

Mais il est bien évident qu'il ne peut en être de même pour tout de qui est terrassements, travaux en rivière, fondations. Or, il est nécessaire que ces travaux soient réalisés, sinon en totalité, du moins en majeure partie, avant de pouvoir commencer le montage soit des superstructures, soit du matériel.

On peut donc dire, pour résumer la situation dans laquelle se trouvent ces travaux, qu'il est obligatoire que les problèmes de travaux publics des centrales thermiques soient étudiés tard et résolus tôt. Je m'adresse surtout, ici, aux entrepreneurs qui m'écoutent et qui, parfois, surpris de certains des délais qui figurent dans nos appels d'offres pensent ou qu'ils sont inutilement serrés ou que le maître de l'œuvre aurait dû commencer les travaux plus tôt. Ceux qui ont travaillé avec nous sur nos chantiers thermiques et à qui nous menons la vie dure pour la tenue des délais comprennent vite nos raisons et quelle importance ont leurs travaux dans la tenue des programmes.

Il faut actuellement environ trois ans entre les premières commandes de matériel et le démarrage de l'usine, ce délai étant nécessaire pour permettre la fabrication et le montage des machines les plus importantes. Si l'on ajoute les délais qui sont nécessaires au début, avant les commandes, pour les premières études et la période de mise au point inévitable à la fin, entre le démarrage d'une usine et son fonctionnement régulier, on peut dire qu'actuellement, pour disposer d'une certaine quantité d'énergie thermique à une date donnée, il faut prendre la décision de réalisation de l'usine près de quatre ans avant cette date et encore ce délai suppose-t-il que le problème de l'emplacement de la centrale, auquel j'ai fait allusion au cours de cet exposé, ait été résolu au préalable.

Je n'ai pas besoin d'insister pour faire ressortir l'intérêt que présente, pour la collectivité, tout gain de temps sur ce délai. Pour notre part, nous nous efforçons, aussi bien pendant les études qu'au cours de la réalisation, de prendre toutes les dispositions permettant de le réduire.



FIG. 15. — Vue aérienne de l'ensemble du chantier pendant l'exécution des fondations (août 1954).

(Photo aérienne Chouffet.)



(Photo aérienne H. Baranger.)

FIG. 16. — Vue aérienne générale prise avant la fin du montage et des travaux de parachèvement.

Signalons, à ce propos, que la disposition « horizontale » que nous avons citée tout à l'heure présente un important avantage qui est de permettre l'exécution simultanée des fondations et des massifs au sol, alors que les massifs ou les supports correspondants devaient être exécutés successivement quand ils étaient superposés. Il y a donc un gain de temps important par rapport à la solution « verticale ». Cette disposition présente également des avantages en ce qui concerne les délais et le coût du montage du matériel qui sont facilités par le fait que les éléments à monter ne sont plus superposés mais rapprochés du sol.

Mais il est bien certain que ce problème de réduction des délais est surtout du ressort des entreprises et plus encore des constructeurs de gros matériel qui connaissent nos préoccupations et qui, comme le font ressortir les délais de fabrication et de montage que je viens d'indiquer, je n'hésite pas à le dire, ont actuellement, en général, plus de progrès à faire dans cet ordre d'idée que les entreprises. Ceci est d'ailleurs d'autant plus digne d'attention que plus la puissance des usines nouvelles augmente, plus graves sont les incidences des délais de réalisation. Au point de vue financier, il est facile de montrer que, pour une usine comme celle de Porcheville, la journée de retard à la mise en service représente plusieurs millions.

Sur le plan énergétique, il est possible, en se reportant à la période des « coupures » qui a suivi la fin de la dernière guerre, de se rendre compte de l'importance des troubles que pourrait provoquer l'absence d'une usine de 500 000 kW, trouble pouvant nécessiter le rationnement de l'énergie.

Fort heureusement, nous n'en sommes pas là actuellement et si j'évoque ici ces perspectives fâcheuses, c'est pour bien faire ressortir l'importance de la tenue dans le temps de nos programmes thermiques dans la période d'expansion de la consommation que nous traversons et le grand intérêt qui s'attache à la réduction des délais de réalisation.

Cette diminution des délais est d'ailleurs, me semble-t-il, d'autant plus souhaitable pour les équipements thermiques que ceux-ci sont, par nature, d'une réalisation plus souple et plus rapide que les équipements hydrauliques et qu'il est fait tout naturellement appel à eux pour parer aux besoins urgents.

Nous avons constaté d'ailleurs avec plaisir à Porcheville que les entreprises de travaux publics avaient tenu le programme — serré nous le reconnaissons, mais il était nécessaire qu'il le fût — que nous avions établi pour permettre la réalisation de la centrale suivant les délais prévus et je tiens à en féliciter à nouveau ici toutes ces entreprises.

M. Le Président. — Je crois que nous pouvons remercier notre conférencier de cette communication si intéressante, si documentée; il nous a donné un excellent échantillon de tous ces problèmes de travaux publics qui se posent dans la construction d'une centrale thermique.

Il vous a montré qu'on a su tirer le meilleur parti d'un emplacement qui, a priori, n'était pas des plus favorables et il nous a dit également les difficultés que nous rencontrions à trouver ces emplacements.

Il a beaucoup insisté, et il a eu raison, sur l'importance des délais. Je dois dire à cet égard, qu'il a été modeste car au fond, Porcheville a été un chantier particulièrement satisfaisant et il faut en féliciter, comme il l'a fait, les entreprises mais également, le maître de l'œuvre et toute l'équipe qui s'y est consacrée. Porcheville a été, on peut le dire, un chantier record et il nous cause actuellement quelques difficultés en ce sens que lorsque nous demandons des délais un peu plus longs pour l'exécution de nos nouvelles tranches, on nous dit : « Mais vous savez faire beaucoup mieux : voyez Porcheville... »

DISCUSSION

M. LEBELLE. — Quelles sont les charges appliquées sur les piles de 1, 53 m de diamètre?

M. MARTIN LAVALLÉE. — Les piles étaient calculées pour 920 t; en pratique, ce chiffre n'a pas été atteint, mais les charges ont été de 900 t.

M. LEBELLE. — Les forages ont-ils été faits par louvoiements?

M. MARTIN LAVALLÉE. — Oui; je n'ai pas insisté sur le procédé, mais c'est celui-là qui a été utilisé pour les grosses piles.

M. LEBELLE. — Le bétonnage était-il fait en même temps que l'enlèvement du tube ou bien enlevait-on le tube au préalable?

M. MARTIN LAVALLÉE. — On a enlevé le tube au fur et à mesure du coulage du béton.

M. LEBELLE. — Le terrain tenait-il suffisamment?

M. MARTIN LAVALLÉE. — Le terrain s'y prêtait et on a pu enlever les tubes, ce qui était indispensable pour l'adhérence de la colonne.

M. DUCLOS. — Un détail sur le rejet de l'eau en Seine; pourquoi le fait-on sous le plan d'eau?

M. MARTIN LAVALLÉE. — On a rejeté l'eau sous le niveau de la Seine pour pouvoir siphonner; vous savez que le condenseur fonctionne en siphonnage et il faut que la branche descendante du siphon soit au-dessous du niveau de l'eau pour ne pas désamorcer le siphon.

M. LE PRÉSIDENT. — Je remercie encore en votre nom le conférencier et vous remercie également de votre attention.

Les thèses et la méthode d'exposition adoptées par les conférenciers et les personnes qui prennent part aux discussions peuvent parfois heurter certains points de vue habituellement admis. Mais il doit être compris que ces thèses et discussions, à l'égard desquelles l'Institut Technique ne saurait prendre parti, ne visent en rien les personnes ni le principe des Institutions.

(Reproduction interdite)

Série : GROS ŒUVRE (6)

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

SÉANCE DU 16 AVRIL 1957

SOUS LA PRÉSIDENTENCE DE **M. BALENCY-BEARN**,
Président honoraire de la Chambre Syndicale des Constructeurs
en Ciment Armé

ÉTUDE DES RISQUES DE CONDENSATION SUR MURS DE LOGEMENTS HABITÉS ET SUR MURS EXPÉRIMENTAUX

par **M. CROISSET**,
Ingénieur responsable de la Section « Humidité dans la Construction »
au Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

SOMMAIRE

	Pages
Introduction	1271
Théorie de la condensation.....	1271
Étude des risques de condensation mesurés dans les logements habités.....	1273
Étude du comportement de murs soumis à la condensation en station expérimentale.....	1284
Murs en maçonnerie légère.....	1284
Grands panneaux préfabriqués.....	1293

PRÉSENTATION DU PRÉSIDENT

Le problème du mur est un des plus anciens et peut-être des plus mal connus.

Il a donné lieu à peu de recherches de caractère scientifique et seul l'empirisme a permis de trouver quelques solutions.

Le mur, à vrai dire, a une fonction extrêmement complexe, puisqu'il transmet au sol des charges tant horizontales que verticales ; il se défend lui-même, et défend la construction contre les attaques des agents extérieurs : la pluie, l'humidité les agents chimiques et même les agents microbiens. Il assure l'isolation thermique de la construction et il joue en même temps le rôle de volant calorifique ; il joue également un rôle, comme M. Croiset va vous l'expliquer, dans la formation de l'atmosphère intérieure des pièces qui conditionne le point de rosée et les condensations.

On connaît de bons murs ; on sait par exemple qu'un mur en bonnes pierres de taille de la région parisienne de 40 cm d'épaisseur donne satisfaction. On sait aussi qu'un mur en bonnes briques de Vaugirard de 33 cm d'épaisseur donne également satisfaction.

Mais depuis quelques années le problème du mur a évolué. On a allégé les constructions, on a réduit les épaisseurs des parois, on a plus souvent séparé la fonction portante (ossature) et la fonction isolation (remplissage) ; on a augmenté les densités d'occupation ; on a également modifié les systèmes de chauffage ; on a supprimé ou réduit les conduits de fumée et on s'est aperçu que ce mur qui nous paraissait une chose tellement simple, donnait lieu à un très grand nombre d'inconvénients.

Plusieurs centres de recherches se sont occupés du problème et je crois qu'il faut savoir gré au Centre Scientifique et Technique du Bâtiment d'avoir créé, pour examiner ce mur, toute une série d'appareillages établis d'une façon particulièrement intéressante.

Le problème des condensations à l'intérieur des pièces est un de ceux qui ont retenu l'attention du C. S. T. B. Ce problème a été examiné sous l'angle théorique, puis pratique et expérimental.

C'est M. Croiset, ancien élève de l'Ecole Polytechnique, chef de la Section humidité dans la construction, qui s'est livré à une série d'expérimentations du plus haut intérêt.

Il va nous exposer aujourd'hui les premiers résultats de ses recherches ; je suis persuadé que vous y prendrez le plus grand intérêt.

RÉSUMÉ

Après un rappel de la théorie physique de la condensation superficielle, on donne des exemples d'évaluation des risques de condensation à partir d'enregistrements d'humidité et de température d'ambiance effectués dans des logements les plus divers de la région parisienne.

Le défaut de chauffage de certaines pièces y provoque la condensation de la vapeur d'eau provenant des cuisines.

Des essais semi-naturels en œuvre de longue durée ont été en outre effectués sur des parois en maçonnerie d'agglomérés, de briques creuses et de béton cellulaire. On a mis en outre en évidence le rôle des enduits intérieurs en plâtre susceptibles d'absorber sans dommage une partie des condensations superficielles.

Un deuxième cycle d'essais est prévu, qui porte sur les ponts thermiques et les enduits intérieurs absorbants.

SUMMARY

After recalling the theory of superficial condensation, examples are given of the evaluation of the risks of condensation, using moisture and room temperature meters in widely differing types of homes in the Paris region.

The lack of heating installation in certain rooms gives rise to the condensation therein of water vapour coming from the kitchen.

Long duration semi-natural tests have also been carried out on partitions of light concrete blocks, hollow bricks and cellular concrete. One of the further results was to show how the effect of interior plastering liable to absorb some of the superficial condensation without damage.

A second cycle of tests is envisaged, which will deal with thermal bridges and absorbing interior coatings.

EXPOSÉ DE M. CROISSET

INTRODUCTION

Les caractéristiques du mur dont a parlé M. le Président n'est pas le seul sujet que je traiterai dans ma conférence. Nous sommes malheureusement obligés d'aborder également le problème des conditions que l'on fait subir au mur.

Depuis trois ans le C. S. T. B. est constamment consulté pour résoudre des problèmes d'humidité dans des logements habités. Le diagnostic que nous devons établir est d'autant plus délicat à prononcer que l'on nous demande toujours de désigner le coupable : est-ce l'entrepreneur, est-ce l'habitant ? peut-être est-ce aussi le programme ! En effet, dans le cas où il s'avère que la condensation est cause de l'humidité, et c'est bien souvent le cas, la responsabilité n'est pas aussi simple que s'il s'agissait d'infiltration d'eau de pluie. Quand la pluie traverse un mur, il n'y a aucun doute possible, le mur n'est pas satisfaisant ; dans le cas de la condensation il n'est pas évident que le mur soit mauvais ; la preuve en est que des types de murs bien connus comme étant traditionnellement satisfaisants, ne le sont plus dans certaines maisons réduites telles que l'on en a construit ces dernières années.

Aussi le C. S. T. B., dans les études qu'il a entreprises depuis deux ans pour être en mesure de répondre aux

questions qui lui étaient posées, a-t-il abordé le problème de deux côtés.

Tout d'abord nous avons voulu savoir si les risques de condensation dus à la vapeur intérieure de certains logements sont si élevés qu'ils puissent expliquer seuls le fait que certaines cités d'urgence et même de nombreux H. L. M. soient devenus de véritables taudis ; l'importance de ces risques est-elle par ailleurs si différente entre plusieurs logements identiques et voisins qu'ils justifient des comportements totalement opposés des murs de ces logements ? Pour ceci nous avons effectué une série d'enregistrements de température et d'humidité dans des logements de la région parisienne au cours de l'hiver 1955-1956, dont je vous montrerai des exemples dans la première partie de ma conférence.

Nous avons ensuite abordé le problème du côté du mur ; nous voulions voir comment réagit un mur mis en présence d'une atmosphère intérieure humide pendant l'hiver ; ces essais ont été faits de façon naturelle dans notre station expérimentale de Champs-sur-Marne ; je vous en montrerai les premiers résultats en deuxième partie de ma conférence.

THÉORIE DE LA CONDENSATION

Au préalable, je voudrais faire un peu de théorie ; je suis sûr que la plupart d'entre vous la connaissent, mais je pense que le rappel de certaines définitions sera plus commode pour nous comprendre par la suite.

L'on sait qu'à une température donnée, l'air peut contenir une quantité de vapeur d'eau limitée, cette quantité étant d'autant moindre que la température est plus basse ; donc si la vapeur contenue dans l'air à une température donnée est transportée dans une pièce ou rencontre une paroi à une deuxième température suffisamment plus basse que la première, la quantité de vapeur excède le maximum admissible à cette deuxième température et la vapeur en excédent se transforme en eau liquide ; il y a condensation.

Sur la figure 1, vous voyez la courbe de poids de vapeur contenue dans l'air en fonction de la température ; en abscisses sont portées les températures de -10° à $+30^{\circ}$ et en ordonnées les poids de vapeur en g/kg d'air (1 kg d'air = $0,85 \text{ m}^3$ environ aux températures ordinaires) depuis 0 jusqu'à 20 g.

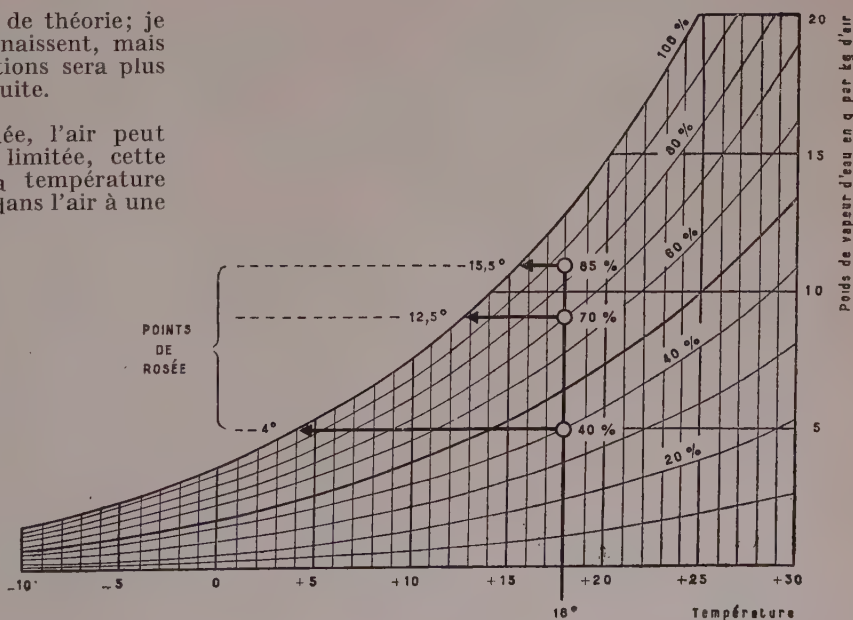


FIG. 1. — Poids de vapeur contenue dans l'air en fonction de la température.

La courbe la plus élevée, dite courbe de vapeur saturante, représente les maximum de vapeur que peut contenir l'air à une température donnée; par exemple à 18°, l'air peut contenir environ 13 g/kg.

Au contraire, à une température plus basse, + 12,5°, il ne peut plus en contenir que 9.

Plaçons-nous par exemple dans une pièce à 18° contenant 9 g de vapeur par kg d'air, le degré hygrométrique de l'air est de $9/13 = 70\%$; si une paroi ou une vitre dans cette pièce est à une température plus basse que 12,5°, il y a condensation. A des humidités plus faibles, il faudra aller à une température beaucoup plus basse pour qu'il y ait condensation.

Si l'on considère maintenant le mur lui-même durant l'hiver, il existe une chute de température entre l'intérieur et l'extérieur comme le représente la courbe de la figure 2; il y a une première chute de température au contact même du mur; c'est ce qui explique d'ailleurs toute la condensation: le mur est plus froid que l'atmosphère intérieure; on peut calculer théoriquement cette chute de température:

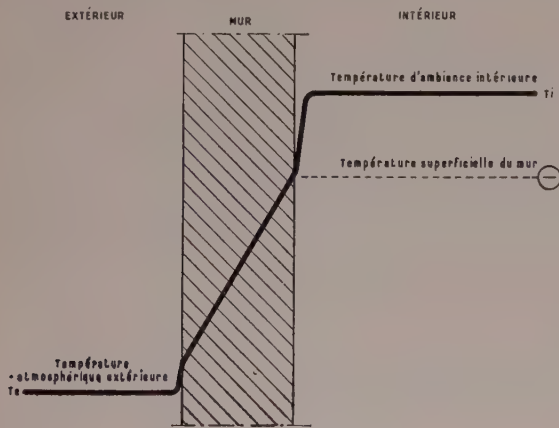


FIG. 2.

soit T_i la température intérieure du logement, T_e la température extérieure, et θ la température superficielle du mur, l'équation d'équilibre thermique en atmosphère calme s'établit ainsi:

$$T_i - \theta = 0,13 \text{ K } (T_i - T_e) \quad (1)$$

La température superficielle est d'autant plus basse d'une part que le coefficient de transmission de chaleur du mur K est plus élevé, c'est-à-dire que son isolation est plus mauvaise, et d'autre part que l'écart de température $T_i - T_e$ est plus élevé, c'est-à-dire qu'il fait plus froid dehors.

Il y aura condensation si la température θ donnée par cette équation est plus faible que la température P_i à

laquelle le poids de vapeur intérieure devient saturant (P_i est appelé le point de rosée correspondant à la température et à l'humidité intérieures).

Reprenons l'exemple cité plus haut: conditions intérieures 18° et 70 % d'où point de rosée égal à 12,5°; si la température extérieure est de - 3°, on voit que pour qu'il y ait condensation sur le mur, il faut d'après l'équation (1) que:

$$18^\circ - 12,5^\circ = 0,13 \text{ K } (18^\circ + 3^\circ)$$

$$\text{d'où } K = 2$$

Il y aura alors condensation théoriquement sur tous les linteaux, chaînages, poteaux en béton armé dont le coefficient K est supérieur à 2 s'ils ne reçoivent aucune protection thermique spéciale. Si l'humidité s'élève, par suite par exemple de production de vapeur dans la pièce, à 85 %, le point de rosée est alors égal à 15,5° et l'équation (1) montre que la valeur de K à partir de laquelle il y a condensation est égale à 0,9 c'est-à-dire qu'il y a théoriquement condensation sur la plupart des murs construits en France. Si l'on voulait qu'il n'y ait même pas condensation sur les vitres pour lesquelles $K = 5$, en refaisant le calcul en sens inverse, l'on trouverait que l'humidité doit être inférieure à 40 %.

Je donne ces calculs à titre d'exemple et aussi pour arriver à la définition d'un facteur de condensation dont nous reparlerons tout à l'heure.

La condensation a lieu théoriquement si:

$$\theta \leq P_i \text{ (point de rosée intérieure)}$$

ou en portant cette valeur dans l'équation (1), si

$$T_i - P_i \leq 0,13 \text{ K } (T_i - T_e)$$

ou encore:

$$\frac{T_i - P_i}{0,13 (T_i - T_e)} \leq K$$

Le premier terme de cette inégalité que nous avons appelé *facteur de condensation superficielle* ne dépend que:

- de la température et de l'humidité intérieures,
- de la température extérieure.

Connaissant donc ces valeurs dans un logement à un moment donné on peut savoir s'il doit y avoir condensation sur le mur et sur quelle partie du mur.

Bien entendu, ceci est un peu théorique, pour deux raisons essentielles: d'abord, le mur a une inertie qui fait qu'il est moins sensible aux minima quotidiens de température que ne l'indique l'équation (1); aussi dans les calculs ultérieurs tiendrons-nous compte seulement de la température quotidienne moyenne. Ensuite, un deuxième facteur plus important réside dans le fait qu'il peut y avoir risque de condensation sans apparition d'eau parce qu'elle est absorbée par le mur. Nous verrons toute l'importance de cette qualité tout à l'heure.

ÉTUDE DES RISQUES DE CONDENSATION EN LOGEMENTS HABITÉS

Je vais maintenant vous montrer une série d'enregistrements faits comme je vous le disais, durant l'hiver 1955-1956 qui a été très rigoureux, dans des maisons de la région parisienne. Nous calculerons à partir de ces seuls enregistrements la valeur du facteur de condensation superficielle pour savoir quelle aurait dû être la valeur K du mur pour qu'il puisse résister. C'est une façon de voir dans quelle mesure les conditions intérieures, et non le mur, sont coupables.

La figure 3 représente un enregistrement de tempéra-

ture et d'humidité pendant une semaine; en abscisse, sont indiqués les jours du lundi au dimanche et les heures paires, et en ordonnée, d'une part les températures de -15° à $+40^{\circ}$ et d'autre part les humidités de 0 à 100 %; on voit que dans la cuisine de ce logement, à l'époque où l'enregistrement a été effectué, il y avait 20° de façon assez constante; par contre la courbe d'humidité est en forme de dents de scie correspondant aux travaux ménagers; les dents de scie sont particulièrement abondantes aux environs de 10-12 h et en fin d'après-midi, tandis qu'il y a des paliers au cours de la nuit.

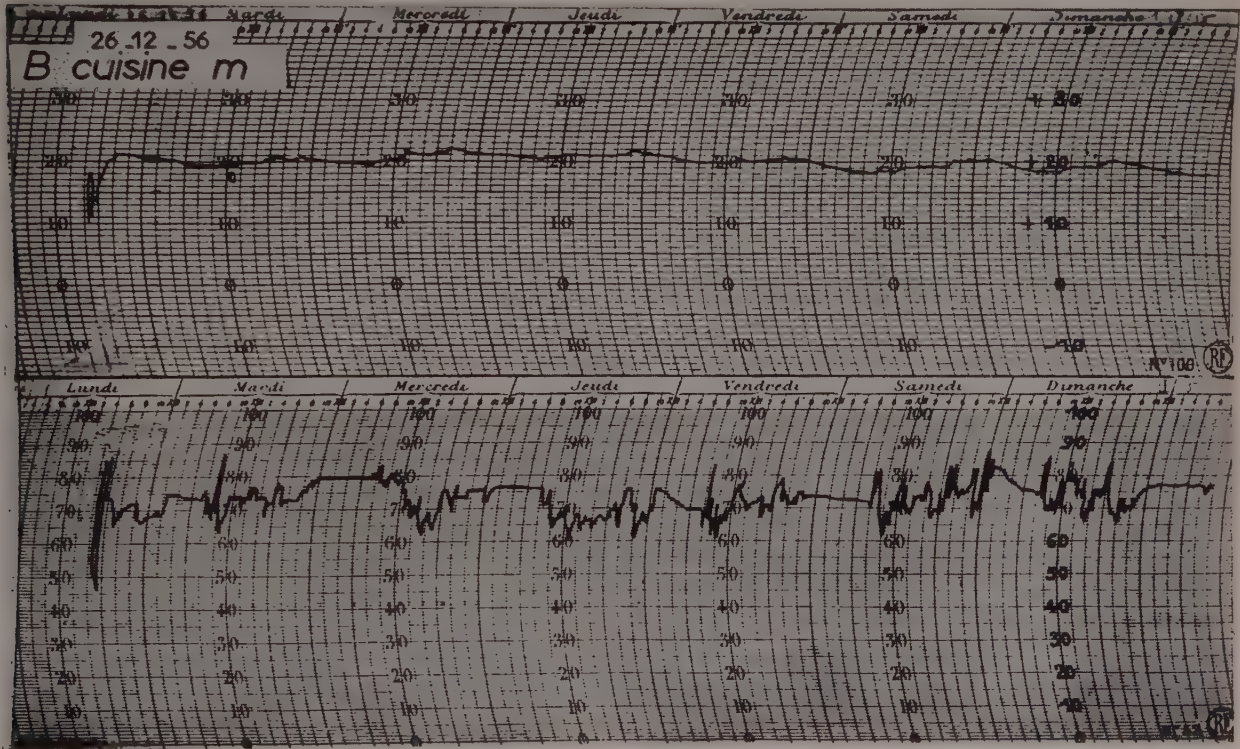


FIG. 3. — Logement B du 26 au 31 décembre 1956.

La figure 4 représente des enregistrements de température et d'humidité dans l'entrée du même logement au cours de la même semaine; la pièce est voisine de la cuisine mais la température y est nettement plus basse; la température oscille autour de 10° au lieu de 20° dans la cuisine; l'humidité est beaucoup plus élevée, elle est en moyenne égale à 90% et atteint durant la nuit 100 %. L'explication en est assez simple : la vapeur d'eau produite dans la cuisine se répand rapidement dans l'entrée voisine et comme cette pièce n'est pas chauffée, la température y est plus basse et automatiquement l'humidité y est plus élevée, le poids de vapeur par mètre cube d'air restant sensiblement le même. Il s'agit d'un pavillon H. L. M. correctement habité par un ingénieur et qui ne

présente aucun caractère d'insalubrité, mais dont seule l'entrée est un lieu de condensation permanente se traduisant par des moisissures abondantes sur les menuiseries et sur le mur au droit d'un chaînage et dans l'angle comme le montre la photographie de la figure 5.

Voici, toujours dans le même logement, mais à une autre époque, des enregistrements effectués dans la cuisine et dans le living-room qui est contigu (fig. 6). Ces deux pièces sont à peu près à la même température : 15° , et les humidités sont également à peu près les mêmes, égales en moyenne à 70 %. D'autre part, fait assez caractéristique, la courbe d'humidité du living-room présente les mêmes pointes que la cuisine un peu atténuées,

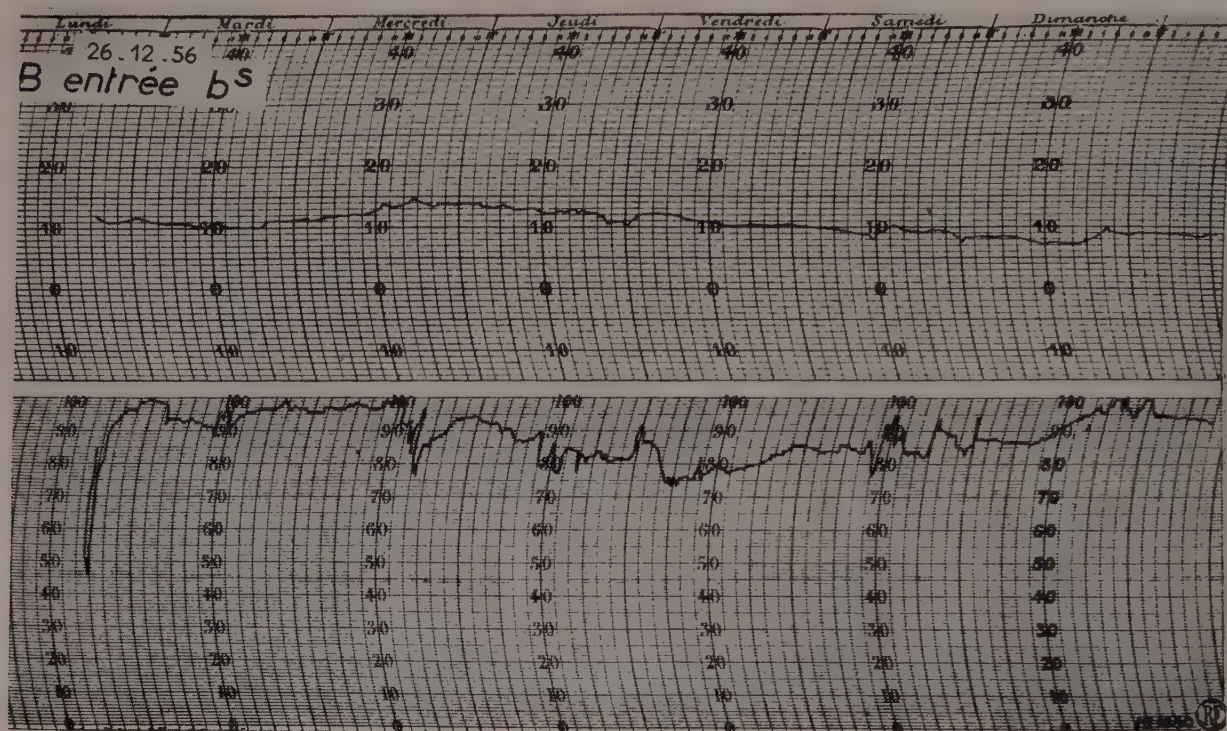
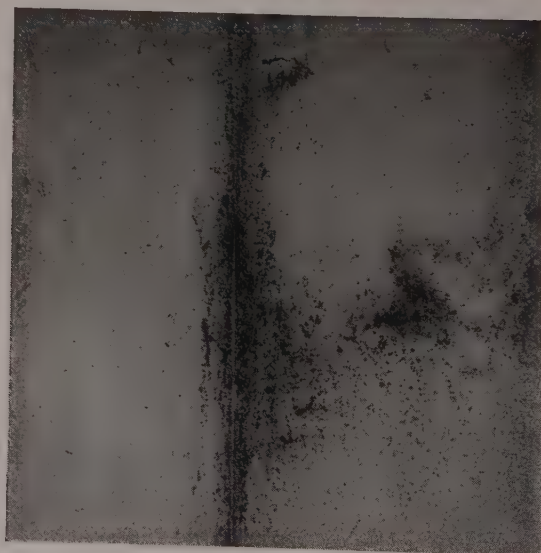
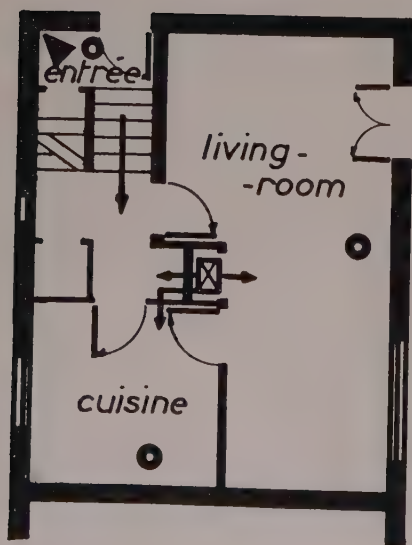


FIG. 4. — Logement B du 26 au 31 décembre 1956.



Poêle dans le living-room et gaines d'air chaud

Angle de l'entrée

Les \circ indiquent les emplacements des thermohygromètres enregistreurs.

FIG. 5. — Logement B. Cave, rez de chaussée, étage, comble.

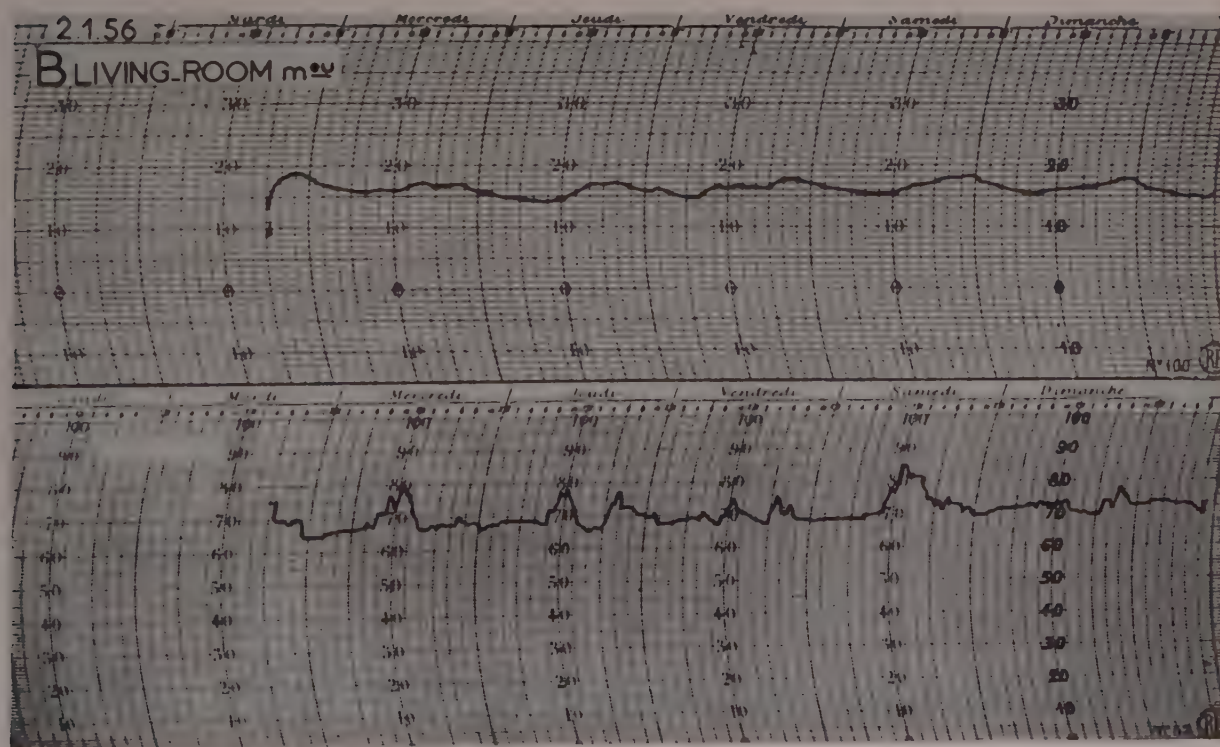
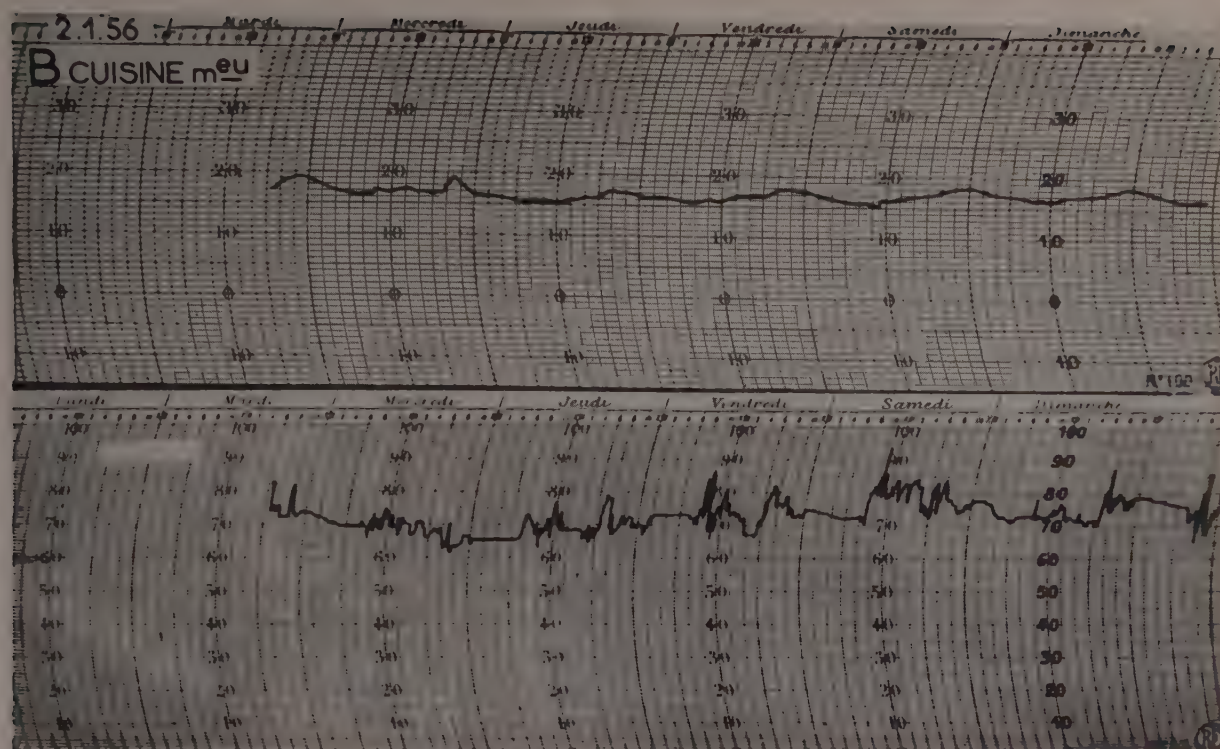
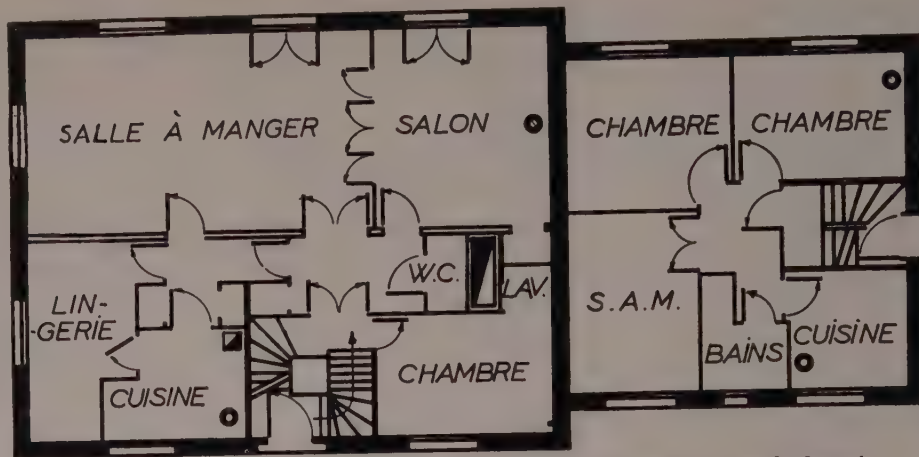


FIG. 6. — Logement B du 2 au 8 janvier 1956.

correspondant aux travaux ménagers; ceci montre qu'une pièce contiguë à la cuisine est sensible à la vapeur dégagée par celle-là. Si l'on fait le calcul dont je vous ai parlé tout à l'heure, l'on s'aperçoit que les valeurs du facteur de condensation superficielle, qui sont les mêmes dans les deux pièces, sont comprises (en moyenne quotidienne) entre 2 et 5, c'est-à-dire qu'il y a condensation théorique presque constamment sur les vitres, ce que d'ailleurs l'on a constaté pratiquement durant la période considérée; chaque fois qu'il y a une pointe, on atteint une valeur momentanée souvent plus basse que 2, c'est-à-dire qu'il y a condensation sur le mur; c'est un phénomène de condensation passagère bien connu dans les cuisines qui se traduit par des ruissellements passagers sur les peintures à l'huile imperméables. Dans le living-room, on a observé également mais plus rarement, des ruissellements dans les angles.

Voici un groupe de trois logements (fig. 7); l'un est très beau et très grand (il comporte deux étages) et la cuisine est tout à fait isolée du reste des pièces par un office et un couloir; elle est ventilée artificiellement par un appareil mécanique. Les deux autres logements de construction parfaitement identique, sont plus petits (ils n'ont qu'un niveau); la cuisine est ventilée de façon simplement naturelle comme une cuisine normale; je



Logement C. Cave, rez de chaussée, étage, comble aménagé.
Logements D, rez de chaussée et E, étage sur cave, sous comble.
Les cercles \circ indiquent les emplacements des thermohygromètres enregistreurs

FIG. 7.

vais vous montrer l'énorme différence que l'on a relevée entre les humidités de ces logements.

Dans la cuisine du grand logement, très bien ventilée et bien chauffée, l'humidité moyenne est assez basse, avec de fortes pointes correspondant aux travaux ménagers (fig. 8). Les feuilles d'enregistrements effectués dans le salon, comportent deux courbes correspondant au bas et au haut de la pièce. On voulait savoir quelles étaient les différences suivant la hauteur dans une même pièce.

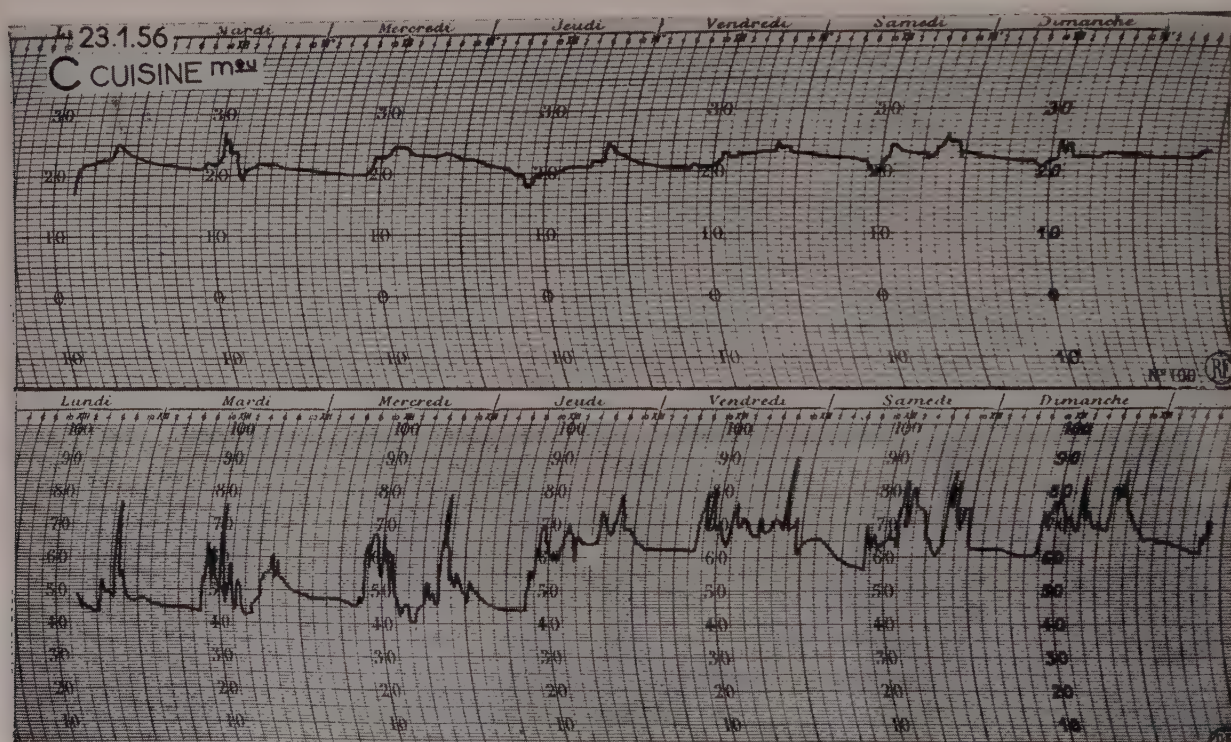


FIG. 8 a — Logement C du 23 au 29 janvier 1956.

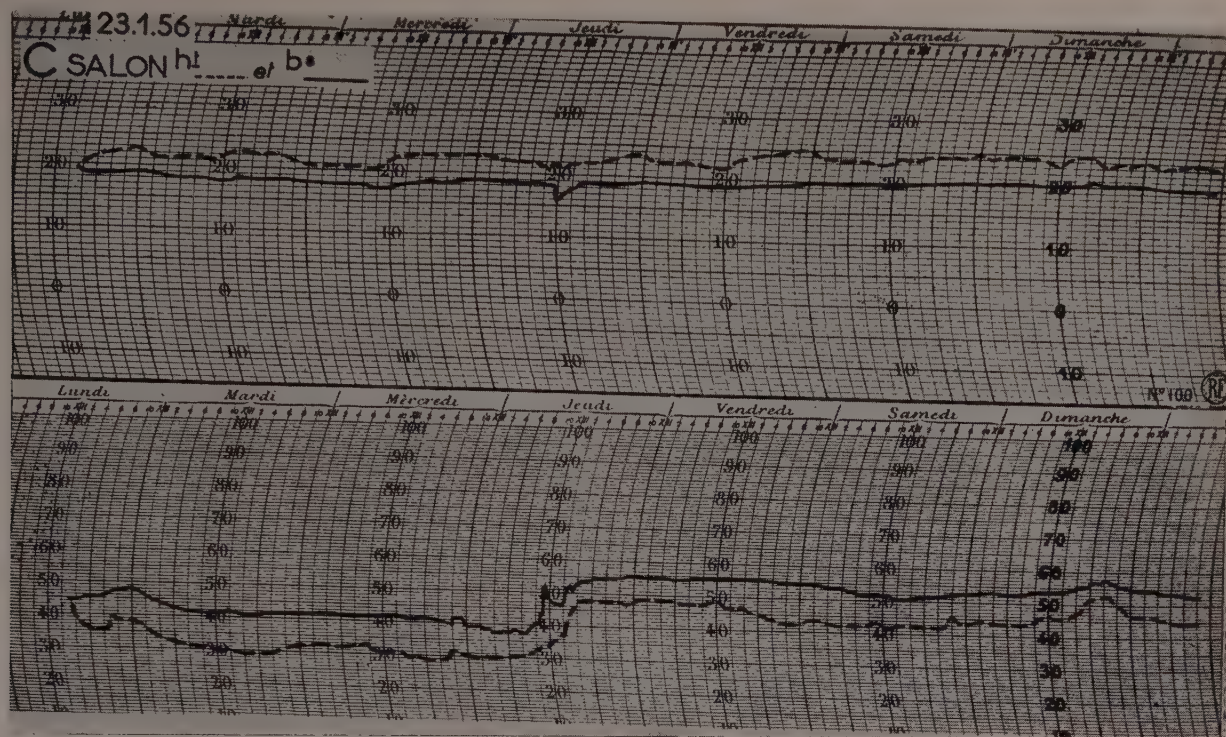


FIG. 8 b — Logement C du 23 au 29 janvier 1956.

La courbe la plus élevée au point de vue température correspond au haut de la pièce; la température y est de 2 à 3° plus élevée qu'en bas. Par contre, l'humidité y est plus basse d'environ 5 à 10 %; comme toujours les variations d'humidité et de température sont inversées. Dans ce salon, l'humidité varie aux environs de 40 à 50 % ce qui, même à cette époque de très grand froid, correspond à un facteur de condensation superficielle, tel que nous l'avons défini tout à l'heure, supérieur à 5. Il n'y avait jamais risque de condensation sur les vitres, ce qui d'ailleurs a été confirmé par les habitants. Ceci est assez exceptionnel d'ailleurs par des températures aussi froides. Dans cette habitation, les meubles du salon en bois se fendent durant l'hiver; il y fait plus sec l'hiver que l'été ce que l'on constate physiologiquement dans certains logements très bien chauffés que l'on essaye d'humidifier artificiellement durant l'hiver pour en améliorer le confort.

Voici au contraire (fig. 9) l'enregistrement fait dans l'un des petits logements voisins. L'on observe un phénomène de courbes en dents de scie assez longues, sinusoïdales, dues à un chauffage discontinu : le chauffage est coupé la nuit et même pendant la journée quand les habitants s'absentent; par contre coup la courbe d'humidité est également en dents de scie. Dans la chambre le schéma est le même que dans la cuisine, mais la température moyenne y est légèrement plus basse. Il est intéressant d'observer en outre les courbes d'humidité durant la nuit à partir du moment où le chauffage est coupé; la température baisse et l'humidité normalement devrait monter s'il n'y avait aucune ventilation. Toutefois dans la cuisine du fait peut-être du simple renouvellement d'air naturel, l'humidité baisse durant la nuit; par contre, dans la chambre qui est fermée et occupée pendant la nuit, l'humidité s'élève et atteint parfois des valeurs très

élevées (> 90 %). Dans un angle de cette pièce, au droit des chainages, des moisissures apparaissent; les meubles eux-mêmes sont légèrement moisis.

Les photos de la figure 10 sont prises dans un véritable taudis (nombreux habitants dans un logement extrêmement réduit); elles montrent les plafonds de la cuisine et de la chambre : le plafond de la cuisine présente des traces de condensation localisée au droit des poutres; on voit dans le bas de la photographie un fil pour pendre le linge. Dans la chambre, le plafond est entièrement mois; les courbes d'enregistrements (fig. 11) vont nous en donner l'explication.

C'est un cas de chauffage discontinu encore plus accentué que le précédent, il s'agit d'une construction très légère en bois qui n'est chauffée que dans la journée. Dans la cuisine les écarts de température entre le jour et la nuit atteignent parfois 20°; l'humidité varie entre 40 et 95 %. Dans la chambre chauffée par la cuisine, les écarts sont plus faibles; mais — ce qui est capital — la température moyenne y est plus basse d'où une humidité plus élevée, oscillant entre 70 et 100 %; le calcul montre que le poids de vapeur est à peu près le même dans les deux pièces et que le décalage de température justifie à lui seul le décalage inverse d'humidité. On comprend maintenant pourquoi les moisissures sont plus importantes dans la chambre que dans la cuisine.

Ceci est d'ailleurs très général et valable pour de nombreux logements même moyens (H. L. M., plan Courant...); les cas les plus graves de condensation que nous ayons observés avaient toujours lieu dans des pièces non chauffées de logements dont le seul chauffage était assuré par un appareil situé dans la cuisine (ou dans la cuisine-living-room).

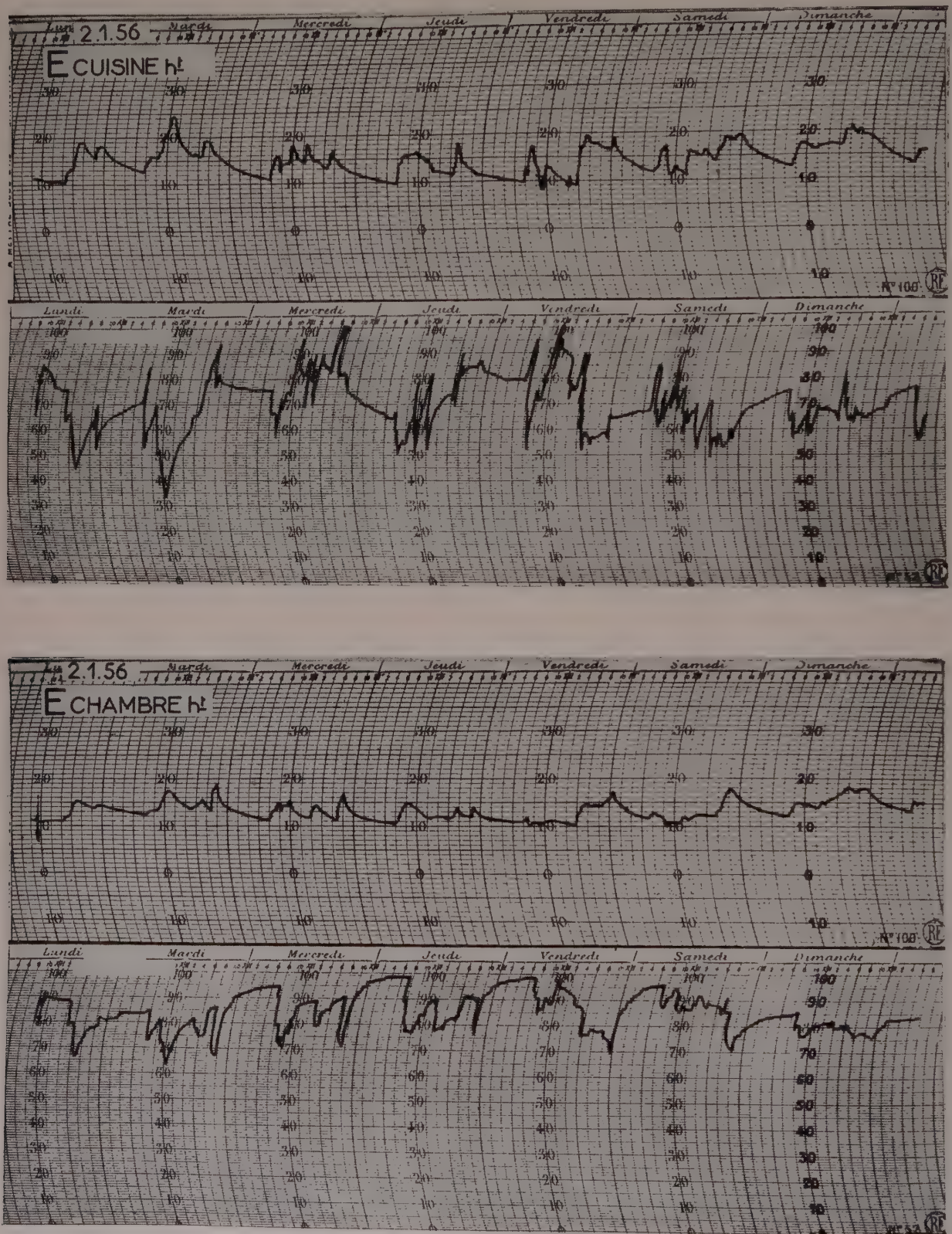
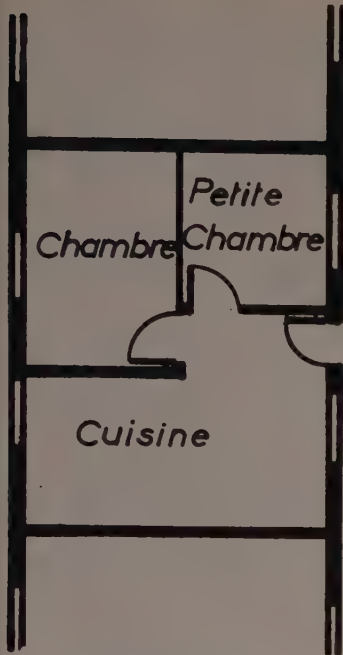
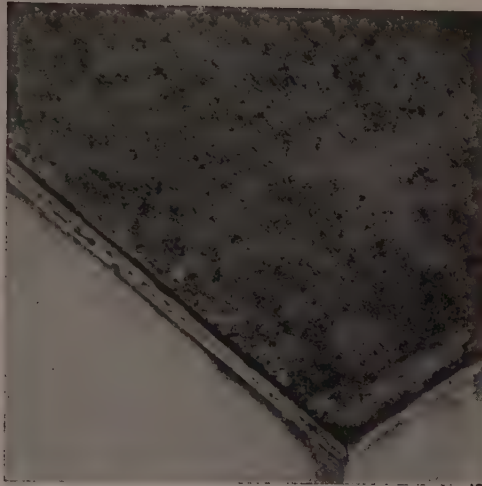


FIG. 9. — Logement E du 2 au 8 janvier 1956.



LOGEMENT H

LOGEMENTS EN BANDE A UN NIVEAU



Plafond de la petite chambre.



Plafond de la cuisine.

FIG. 10. — Logements en bande à un niveau.

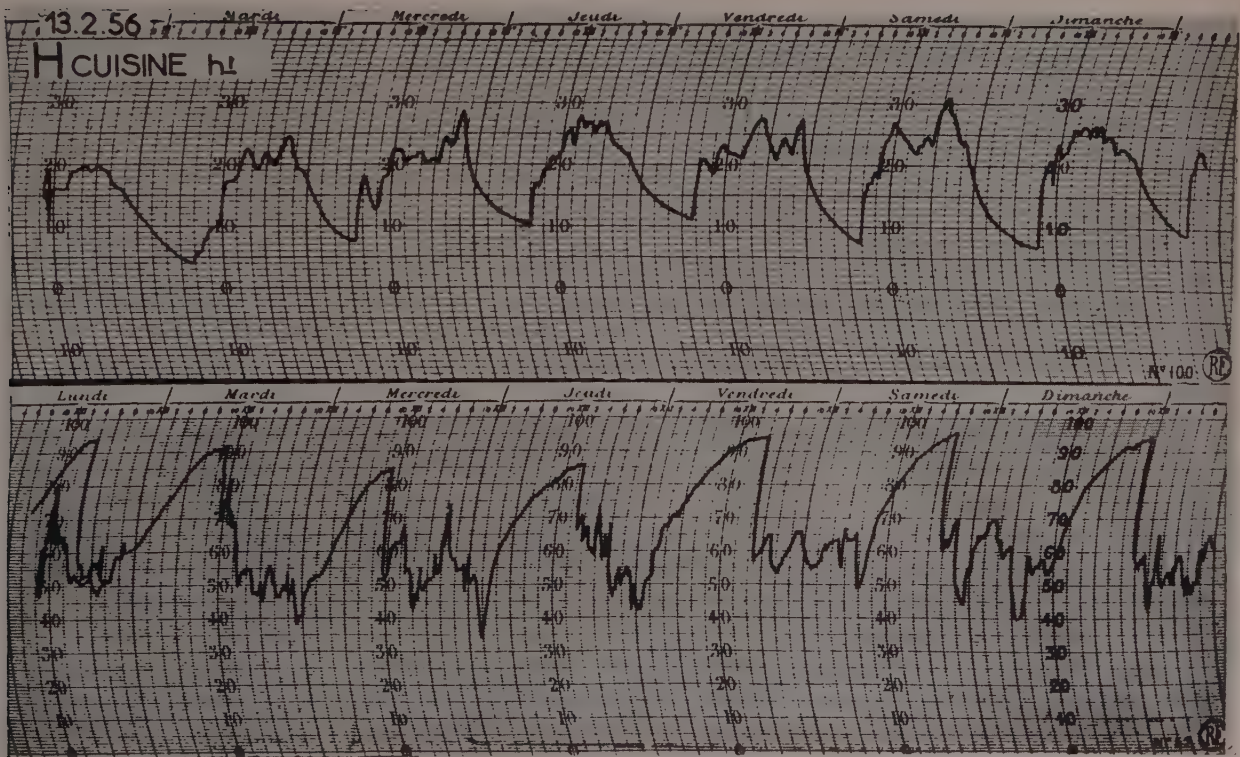


FIG. 11 a. — Logement H du 13 au 19 février 1956.



FIG. 11 b. — Logement H du 13 au 19 février 1956.

A titre de comparaison, voici à une même époque, des enregistrements effectués dans deux logements très différents (fig. 12). Comme le montre la courbe de température extérieure, il s'agit d'une semaine exceptionnellement froide (février 1956) pendant laquelle la température extérieure est descendue en dessous de -15° . Le local A est un bureau dans lequel il n'y a pas production de vapeur et qui est bien chauffé; vous voyez que l'air y est extrêmement sec, l'humidité a varié entre 20 et 30 % et est même descendue jusqu'à 10 % ce qui est tout à fait exceptionnel. Le calcul montre que malgré des températures extérieures inférieures à -15° , le facteur de condensation superficielle est resté constamment supérieur à 5, c'est-à-dire que même par ces grands froids, il n'y a jamais eu condensation sur les vitres. Dans ce bureau et dans le bâtiment où il est situé, l'on ne produit pas de vapeur en dehors de la respiration et pratiquement le poids de vapeur est à peu près le même qu'à l'extérieur. Aussi, la température intérieure restant uniforme grâce à un chauffage bien réglé, le poids de vapeur sera d'autant plus faible (et l'humidité également) que la température extérieure sera plus basse.

Au contraire dans le logement F (cité d'urgence) à la même époque, malgré une température intérieure assez correcte variant entre 10 et 20° (en moyenne 15°) l'humidité est très élevée : entre 70 et 90 %. Ceci représente un poids de vapeur égal au double ou au triple de celui de l'air extérieur; ce qui prouve qu'il y a extrêmement peu de ventilation.

Voilà le même bureau et la même chambre au mois d'avril à une époque où la température oscille autour de $+10^{\circ}$ (fig. 12 b); en A et en F le chauffage est coupé et l'on voit que l'humidité est à peu près la même dans les deux pièces; en fait l'humidité comme la température sont les mêmes qu'à l'extérieur, à l'inertie près des bâtiments. Ceci est normal pour le bureau où l'on ne produit pas de vapeur. Ce n'est explicable pour la chambre que parce que la ventilation — qui n'est plus gênante pour l'habitant car il ne fait pas froid dehors — est abondante.

L'humidité varie entre 50 et 70 % mais comme l'écart entre les températures intérieures et extérieures est nul, le facteur de condensation devient infini; il n'y a plus aucun risque de condensation.

Avant de conclure je voudrais vous montrer deux autres photographies de désordres réels dus à la condensation afin que nous les comparions ultérieurement avec les désordres obtenus en Station Expérimentale.

La figure 13 représente un H. L. M. de la région parisienne qui est chauffé par un poêle situé dans la salle à manger, et dont l'une des chambres est plus froide probablement parce que le chauffage ne fonctionne pas très bien, et aussi parce qu'elle a une surface d'exposition à l'extérieur assez grande qui n'est pas en proportion avec le chauffage fourni. La photographie a été prise dans l'angle nord; vous voyez qu'il y a des condensations aux joints de la maçonnerie qui s'arrêtent très nettement vers la gauche à la limite mur extérieur-mur de refend.

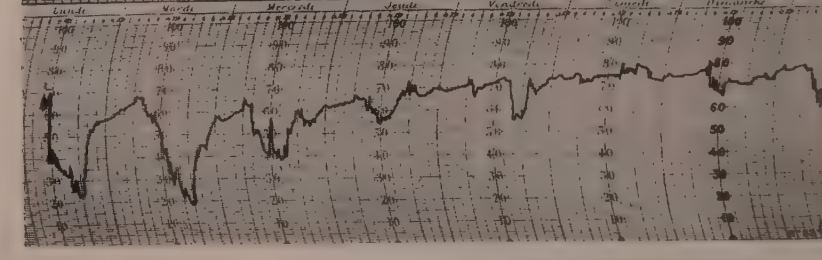
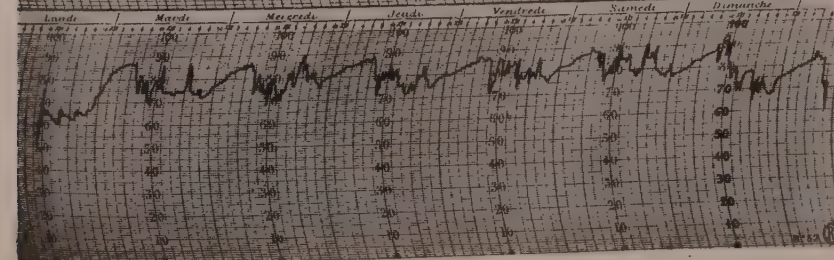
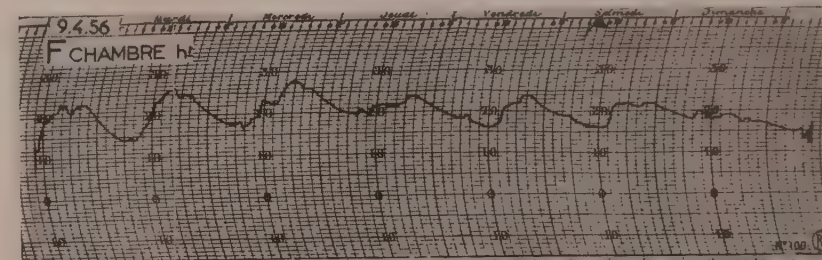
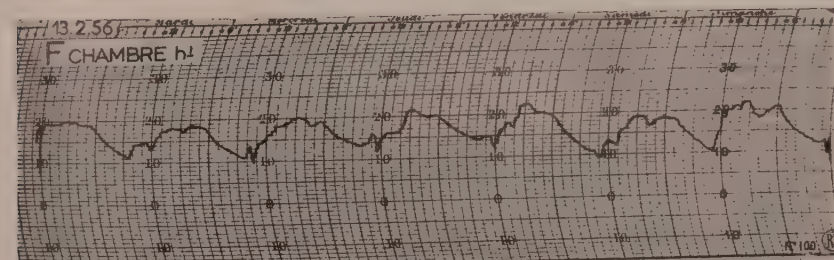
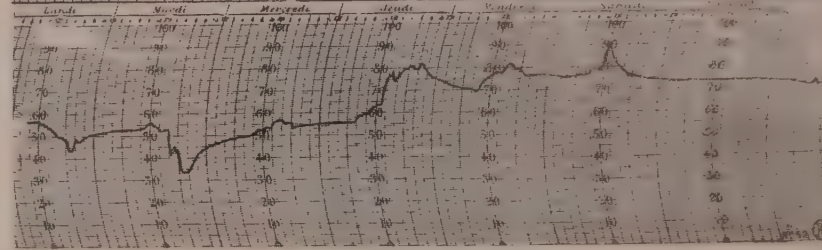
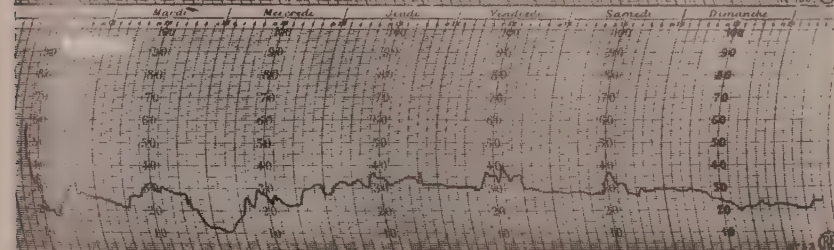
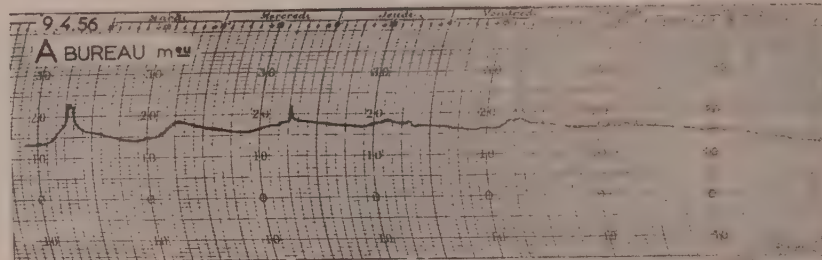
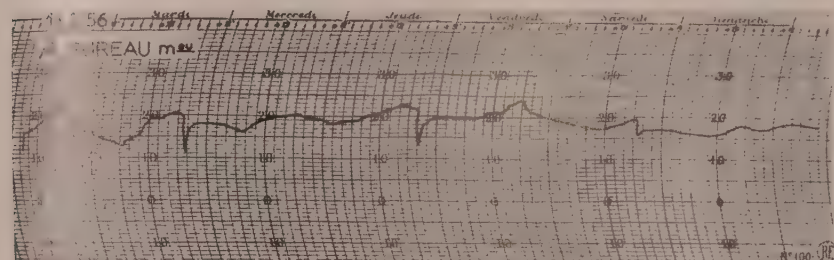
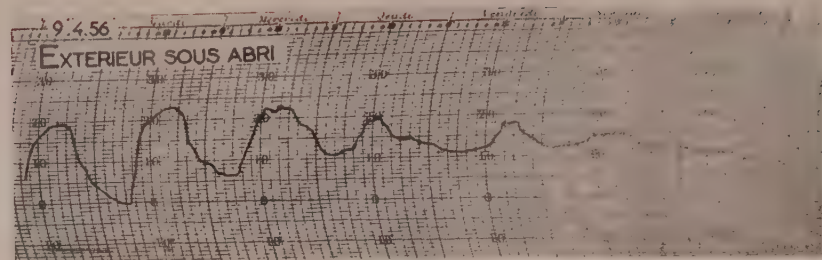
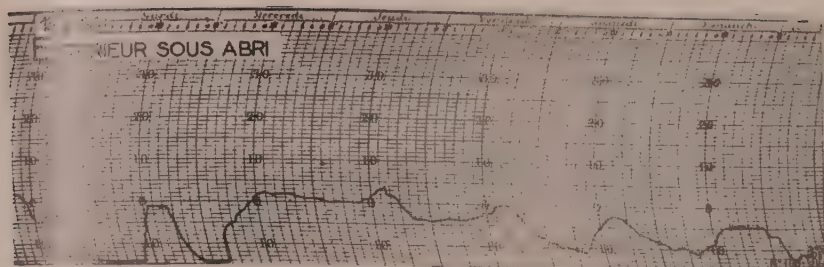
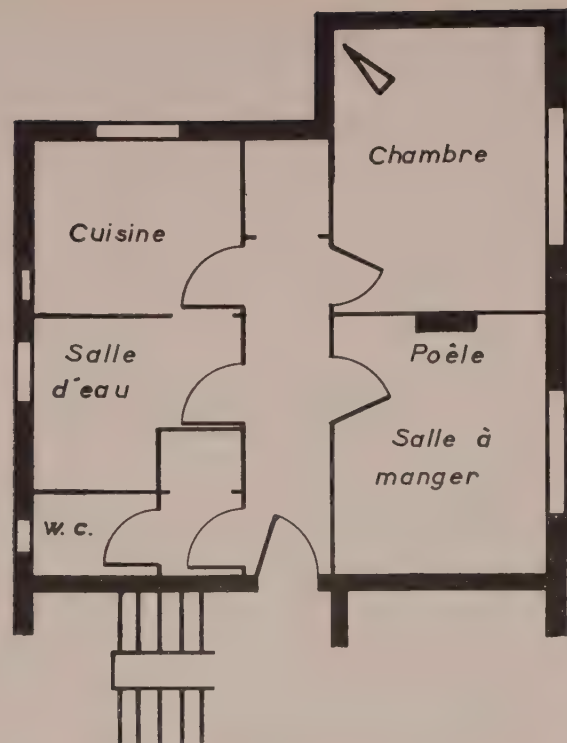


FIG. 12. — Extérieur sous abri, bureau A et logement F, du 13 au 19 février 1956.

FIG. 12 b. — Extérieur sous abri, bureau A et logement F, du 9 au 15 avril 1956.



Angle de la chambre.

Voilà encore un autre exemple d'H. L. M. (fig. 14). Il s'agit également d'une chambre qui n'est pas bien chauffée (elle est située loin du poêle) et est en contact avec la cage d'escalier qui n'est pas chauffée. Les condensations se manifestent au linteau et également au départ des poutrelles du plancher-terrasse; c'est une image bien classique.

Dans cette H. L. M. de même que dans la précédente, je vous ai montré des logements où les condensations se manifestent dans les chambres et non pas dans la cuisine, c'est un cas très courant, comme je l'ai déjà dit.

Les enregistrements que je vous ai montrés ont été choisis dans un lot très important (une centaine) que nous possédons et qui tous conduisent aux mêmes conclusions; tous les logements se groupent d'ailleurs assez bien dans trois catégories qu'illustrent les graphiques de la figure 15.

Nous avons calculé les valeurs quotidiennes du facteur de condensation superficielle à la même époque dans trois logements groupés, de construction identique. Deux (C et E) sont ceux déjà cités plus hauts; le troisième D est identique à E et situé sous ce dernier; il s'agit d'un logement correctement chauffé tout à fait convenable mais moyen.



Plafond de la chambre A.

FIG. 14 b.

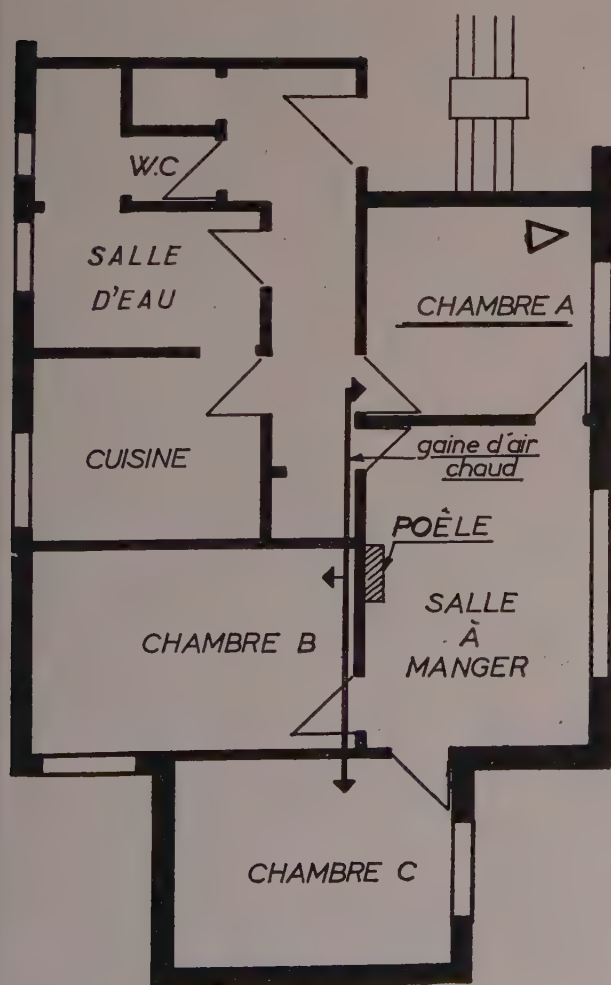


FIG. 14 a.

Moyennes quotidiennes du facteur de condensation superficielle durant une semaine dans les trois logements C, D et E

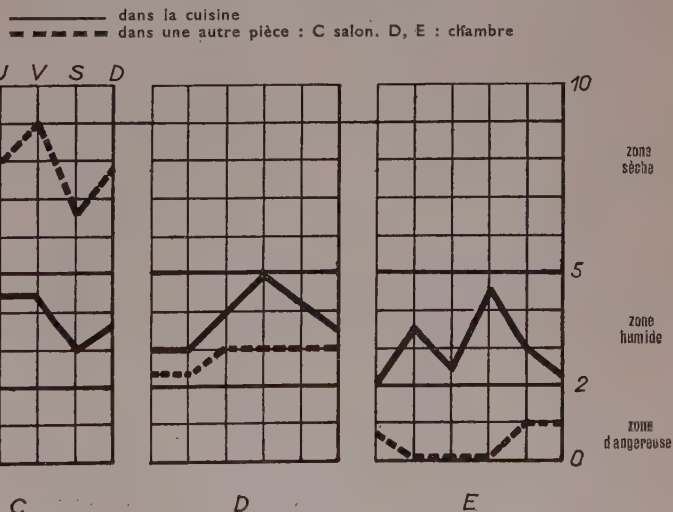


FIG. 15.

Dans ces trois logements, le facteur de condensation superficielle de la cuisine est à peu près le même; il varie entre 2 et 5; c'est-à-dire qu'il y a condensation constante sur les vitres et non sur les murs; sur ceux-ci il peut y avoir cependant des condensations passagères durant les courtes périodes correspondant aux dents de scie de la courbe d'humidité.

Dans le salon du logement C — logement très grand, très bon chauffage central, cuisine isolée ventilée mécaniquement — le coefficient de condensation superficielle est toujours supérieur à 5. Il n'y a jamais de condensation sur les vitres. Nous avons appelé cette zone (> 5) « zone sèche ».

Dans la chambre du logement D le facteur de condensation est le même que dans la cuisine; le logement est petit (du type F3) et comme il n'y a pas de ventilation spéciale mais un chauffage central, les deux pièces sont à peu près à la même température et au même taux d'humidité. Donc dans la chambre comme dans la cuisine : risques de condensation continus sur les vitres et simplement passagers sur les murs. Nous avons appelé cette zone (de 2 à 5) « zone humide ».

Dans le logement E, nous avons déjà vu que le chauffage est discontinu, que la chambre est un peu moins bien chauffée, qu'elle n'est pas ventilée la nuit, si bien que l'humidité de la chambre atteint durant la nuit des valeurs très élevées (> 90 %). Le facteur de condensation superficielle y est presque constamment inférieur à 2 et souvent même à 1. Nous avons appelé cette zone (< 2) « zone dangereuse » et il est bien certain que dans de telles conditions l'on ne peut demander à aucun mur de se bien comporter.

J'ai fait ce calcul essentiellement pour essayer de définir quelle est la part de responsabilité qui incombe aux conditions intérieures et non au mur et quelle est, par contre la résistance qu'il est normal de demander à un mur.

ÉTUDE DU COMPORTEMENT DE MURS EN STATION EXPÉRIMENTALE

Je vais maintenant vous parler des essais que nous avons faits en Station Expérimentale, qui, entre autres résultats, ont montré comment un mur peut résister à des condensations passagères.

Le but de ces essais était de prendre le problème du deuxième côté, c'est-à-dire de voir comment se comporte le mur soumis à des risques de condensation correspondant à peu près à ceux que nous avons enregistrés dans les logements humides.

Les essais sont basés sur le principe suivant :

Deux bâtiments ont été construits dans notre Station Expérimentale de Champs-sur-Marne, dont les parois extérieures horizontales et verticales sont constituées par des séries de murs et de toitures. Ces bâtiments entièrement clos sont chauffés et humidifiés au cours de l'hiver de façon à réaliser une ambiance intérieure identique à celle de logements habités; la climatisation fonctionne soit en régime continu soit en régime discontinu (arrêt du chauffage la nuit). Les conditions extérieures sont données par la nature.

Ce sont donc des essais que nous appelons « semi-naturels », seules étant naturelles les conditions extérieures. Ceci est d'ailleurs très important car la condensation est un phénomène lent : les quantités d'eau mises en jeu sont de très faible débit mais de très longue durée, contrairement à la pluie qui est un phénomène accidentel. Aussi est-il essentiel que les essais soient de longue durée et qu'ils soient réglés suivant des cycles saisonniers que seule la nature peut nous fournir. Nos essais durent d'ailleurs au minimum deux années, de façon à voir éventuellement s'il y a une différence de comportement des murs entre la première année — durant laquelle l'eau de construction peut être non négligeable — et les suivantes.

Comme on le voit sur le plan de la figure 16 les murs mesurent de 4 à 6 m²; nous disposons au total de 26 éléments exposés à l'ouest et de 26 semblables exposés à l'est. Ceci a pour but de déceler l'influence de la pluie, seuls les murs ouest y étant pratiquement soumis.

L'idéal serait bien sûr de se trouver dans la « zone sèche ». Dans de tels logements, type appartements bourgeois à chauffage central, il n'y a pas de problème, tous les murs ou presque se comporteront bien.

En passant à l'autre extrême, « zone dangereuse », il n'est pas raisonnable, car il ne serait pas économique sous nos climats, de demander qu'un mur puisse résister par une isolation thermique extraordinaire à des risques de condensation élevés et surtout continus.

Nous avons vu d'ailleurs que la plupart du temps, seules certaines pièces se trouvent dans la zone dangereuse et que la raison en est un chauffage mal réparti caractérisé par la concentration dans la cuisine des sources de chaleur et de vapeur. La cause du mal peut être supprimée; le mal n'est donc pas irrémédiable.

La zone intermédiaire par contre est certainement la plus courante et c'est pratiquement celle où se situent inévitablement les logements actuels petits ne disposant pas de systèmes spéciaux d'élimination de vapeur à la source. Nous avons appelé cette zone, « zone humide » car s'il n'y a pas de risque de condensation continue sur les murs (il y en a par contre sur les vitres et sur les menuiseries) il y a, comme on l'a vu plus haut, des risques de condensations passagères auxquelles il me semble que l'on puisse demander à un mur de résister.

A. — Essais sur murs de maçonneries légères

Un premier cycle d'essais entrepris en 1955 porte sur ce que nous appelons les « maçonneries légères » :

murs en agglomérés creux de béton
béton cellulaire
briques creuses

par opposition aux maçonneries lourdes en pierres ou briques pleines.

La figure 17 montre une vue extérieure de l'un des bâtiments, l'on y voit une série de murs en briques qui n'ont pas encore été enduits.

Les figures 18 et 19 montrent deux vues intérieures; sur l'une on voit très nettement des moisissures apparentes sur une série de murs en agglomérés creux de béton et en blocs de béton cellulaire; sur l'autre, au premier plan, on remarque les gaines qui amènent l'air chaud et humide dans le local et au-dessus de celles-ci les thermostats et hygrostats servant à la régulation automatique.

Nous allons examiner en détail successivement les résultats obtenus sur les trois types de maçonneries :

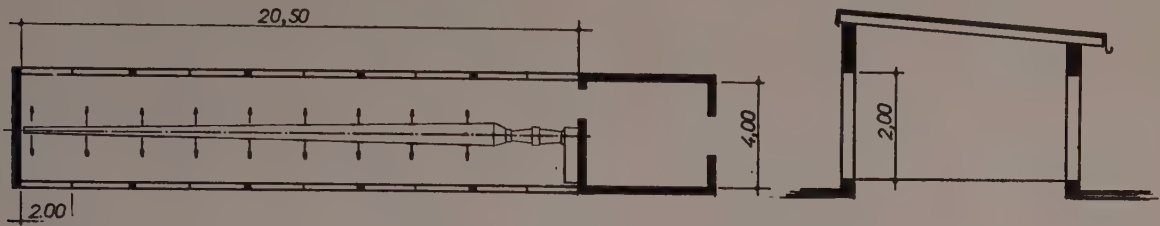
1° Murs en agglomérés creux de béton.

Cinq types d'agglomérés ont été essayés, de mêmes dimensions globales (20 × 20 × 40 cm) mais différents par :

le nombre d'alvéoles
l'épaisseur des parois
la forme des joints.

En outre, pour chaque type, on a construit un mur en agglomérés de béton lourd (béton de sable et gravillon de densité apparente voisine de 2,0) et un mur en agglomérés de béton léger (béton de pouzzolane ou laitier expansé

BATIMENT " A " Murs en briques (éléments de 2.00×2.00)



BATIMENT " B " Murs en agglomérés de béton et blocs de béton cellulaire (éléments de 1.30 ou 1.50×2.50 ou 3.00)

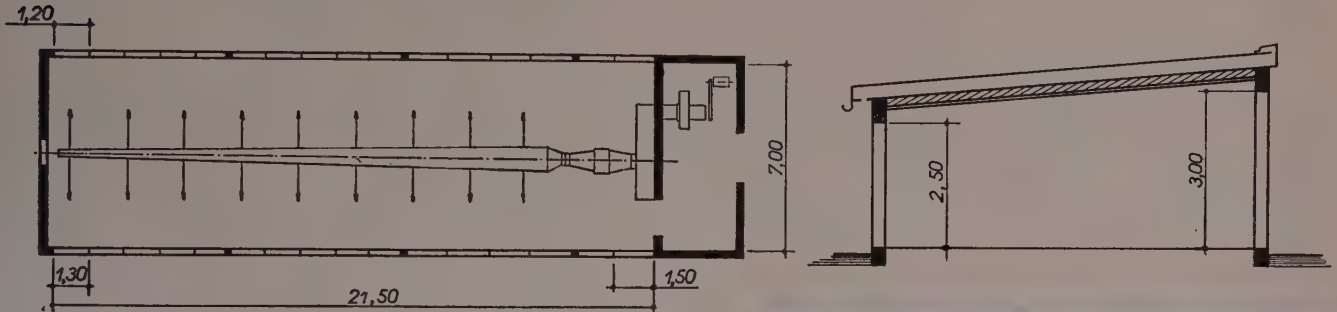


FIG. 16. — Bâtiments d'essais semi-naturels de condensation en œuvre.

FIG. 17. →



FIG. 18.

FIG. 19.



de densité apparente voisine de 1,4). Ces essais ont pour but final la recherche du meilleur type d'aggloméré — qui n'est certainement pas le même en béton lourd et en béton léger —; ils sont effectués avec la collaboration de l'Union Nationale Interprofessionnelle des Matériaux de Construction et Produits de Carrière en vue de fixer des dessins d'agglomérés standard.

Tous ces murs ont 20 cm d'épaisseur (enduits non compris); ils sont montés au mortier bâtard, enduits extérieurement au mortier bâtard et intérieurement au plâtre.

La figure 20 est une vue panoramique intérieure des dix murs étudiés. Chacun des murs, totalement enduit au plâtre, est revêtu sur une largeur de 0,60 m de peinture réactive à base de dextrine et de blanc gélatineux très sensible à l'eau.

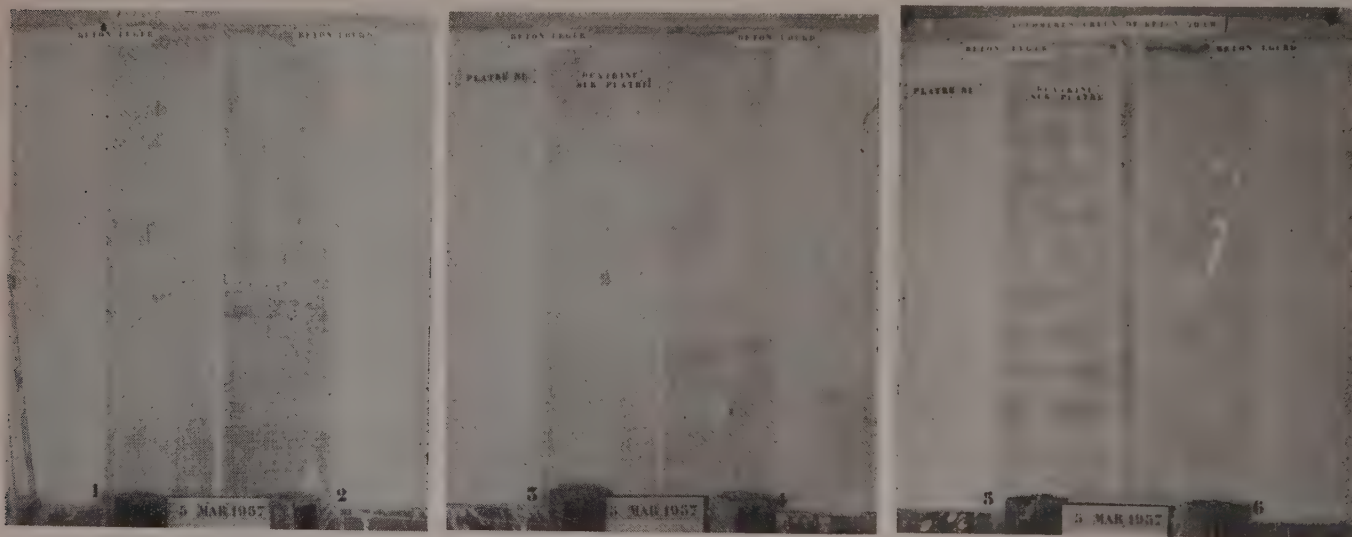
La première constatation est qu'il n'y a de moisissure que sur les bandes peintes et non sur le plâtre nu. Je reviendrai sur ce point plus longuement tout à l'heure car c'est l'un des résultats les plus intéressants que nous ayons obtenus.

Pour apprécier le degré de moisissure sur la peinture il faut savoir que :

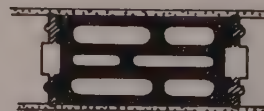
— initialement la peinture-réactive non altérée est *gris-clair*.

— les premières traces de condensation se traduisent par des taches *blanches*.

— puis apparaissent des moisissures *gris foncé* allant jusqu'au noir.



COUPES HORIZONTALES



COUPES VERTICALES



Joints horizontaux
et verticaux
continus.



Joints horizontaux
et verticaux
continus.



Joints horizontaux
et verticaux
discontinus.

FIG. 20 a.

Observons par exemple les murs 7 et 8. Sur le mur 8 construit en agglomérés de béton lourd les moisissures gris-foncé s'étendent sur toute la surface du mur. Sur le mur 7 au contraire, construit en agglomérés de béton léger qui a une meilleure isolation thermique, les condensations ne se manifestent qu'au droit des joints qui sont blancs, le reste du mur demeurant gris-clair. Ces manifestations sont à des degrés divers mais toujours dans le même sens, les mêmes pour les cinq séries de mur. Sans plus entrer dans le détail je voudrais simplement faire ressortir des résultats très nets concernant les joints :

Comme on l'a vu sur le mur 7, seuls les joints ont provoqué une altération de la peinture réactive; or ces joints sont discontinus, discontinuité qui ne permet donc pas de supprimer les fantômes aux joints comme l'on

pouvait l'espérer. Ces fantômes sont tout à fait identiques à ceux observés dans les logements habités et dont je vous ai montré une photographie précédemment (fig. 13).

Si l'on observe maintenant les murs 9 et 10, l'on constate une moisissure sur toute la surface du mur 10 en béton lourd; par contre sur le mur 9 en béton léger les moisissures se manifestent différemment suivant la hauteur :

- en partie haute : les joints horizontaux sont blancs;
- en partie centrale : les joints horizontaux sont gris foncé;
- en partie basse : toute la surface du mur est gris-foncé.

Les condensations sont plus élevées en partie basse ce qui est normal, l'ambiance des bâtiments d'essais, comme celle des logements habités étant plus froide, donc plus humide en bas qu'en haut. En outre, il semble que des ruissellements aient eu lieu non seulement sur la surface apparente mais également dans le vide continu du mur (ces agglomérés sont ouverts).

En ce qui concerne plus particulièrement les joints, sur le mur 9 les joints horizontaux quoique discontinus apparaissent; par contre, les joints verticaux ne provoquent aucune condensation apparente. Ces joints sont coulés et une paroi de béton léger les sépare du plâtre. Il semble donc que la présence de ce béton isolant devant le mortier lourd, et peut-être également l'égal pouvoir absorbant du mur au droit des joints (grâce au béton léger plus poreux que le mortier) et au droit du reste des blocs évite l'apparition des fantômes.

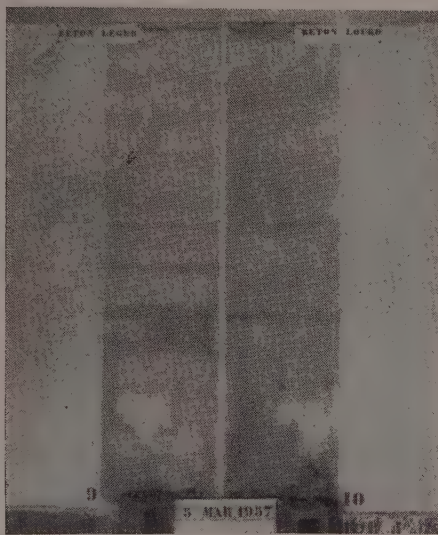
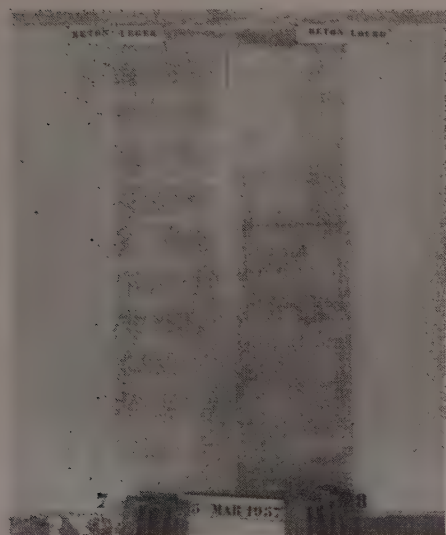
Je ne m'étendrai pas davantage sur les agglomérés de béton. Il ne faut pas être effrayé par les aspects des moisissures de la figure 20; les conditions d'ambiance intérieures sont très sévères et la peinture-réactive utilisée est extrêmement sensible à l'eau si bien qu'elle est altérée, de façon définitive, même par des condensations passagères. Elle permet surtout de localiser parfaitement les condensations.

Sur le plâtre nu par contre, l'on a observé :

— au cours de l'hiver 1955-1956, des taches d'humidité seulement en fin d'hiver, s'étendant à partir des murs les moins isolants.

— au cours de l'hiver 1956-1957 aucune humidité apparente.

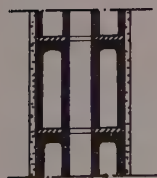
Ceci est dû à ce que nous appelons « le pouvoir absorbant » du plâtre, c'est-à-dire sa capacité — commune à de nombreux matériaux



COUPES HORIZONTALES



COUPES VERTICALES



Joints horizontaux
et verticaux
discontinus.

Joints horizontaux discontinus
Joints verticaux { discontinus (mur 10)
coulés (mur 9).

FIG. 20 b.

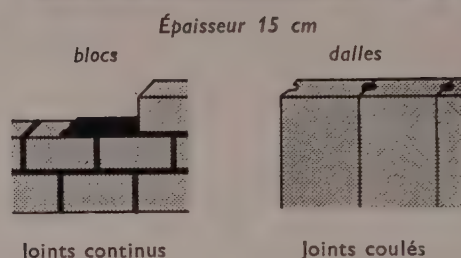
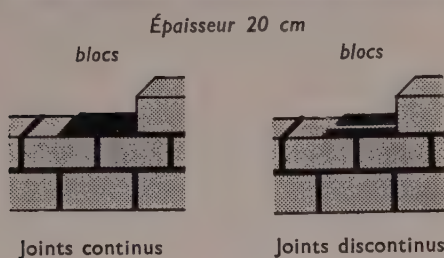
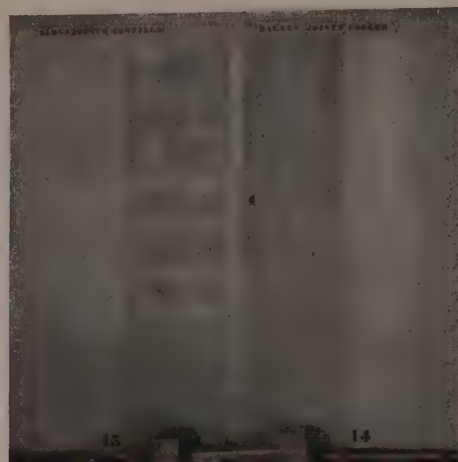


FIG. 21. — Murs en blocs et dalles de béton cellulaire.

poreux — de retenir une certaine quantité d'eau « sans dommage apparent », notion évidemment qualitative que nous cherchons actuellement à définir de façon plus technique; quoique nos mesures soient encore imprécises, il n'est pas déraisonnable cependant de penser que le « pouvoir absorbant » du plâtre soit de l'ordre du décilitre par mètre carré.

Bien entendu cette qualité est liée à la nature du revêtement (peinture, papier peint,...) qui recouvre le plâtre. Elle n'est valable que si ce revêtement est perméable à l'eau et à la vapeur et s'il est peu sensible à l'humidité puisqu'il doit la laisser passer dans les deux sens sans s'altérer.

2° Murs en béton cellulaire autoclavé.

Le problème étudié avec ce type de matériau est presque totalement concentré sur la question des joints.

La figure 21 montre à la fois comment sont construits les divers murs étudiés et comment ils se sont comportés.

Tous sont en blocs ou dalles de béton cellulaire de densité courante (0,6 et 0,5) montés au mortier bâtard, enduits extérieurement au mortier bâtard et intérieurement au plâtre.

Les murs 11 et 12 sont construits en blocs de $20 \times 25 \times 50$, montés en 20 cm d'épaisseur avec des joints continus ou discontinus. Sur ces deux murs, il n'y a aucune trace de moisissure sur les blocs (la peinture réactive conserve sa couleur gris-clair) par contre tous les joints sont apparents sur l'un comme sur l'autre mur. Comme pour les murs en agglomérés de béton on voit que le joint discontinu ne peut supprimer les fantômes. Ceux-ci sont peut-être légèrement plus apparents avec les joints continus : les taches gris foncé y sont plus nombreuses, toujours en partie basse du mur où les risques de condensation sont plus élevés.

Les murs 13 et 14 sont construits, l'un en blocs de $15 \times 25 \times 50$ en 15 cm d'épaisseur avec des joints continus, l'autre en dalles de $15 \times 50 \times 250$ (de la hauteur d'étage) en 15 cm d'épaisseur également avec des joints coulés donc non apparents sur le mur avant application du plâtre. Comme plus haut avec le mur 9 en agglomérés de béton à joints coulés on ne constate aucune condensation sur ce type de joint.

Pour essayer de comprendre thermiquement ce phénomène nous avons mesuré les températures superficielles (le θ du début de cette conférence) au droit des blocs, des dalles et des joints. Ces mesures sont faites au moyen de sondes à résistance en fil de platine coulé dans du pyrex, sondes noyées dans le plâtre au droit de la partie du mur à étudier. D'autres sondes mesurent les températures intérieures et extérieures d'ambiance (T_i et T_e).

La figure 22 donne un exemple d'enregistrements de ces températures. En abscisses sont portées les températures de -15 à $+40^\circ$ et en ordonnées les heures le 18/1/57 de 6 h à 20 h.

Durant cette période la température extérieure varie entre $+4$ et -4° , la température intérieure est à peu près constante aux environs de $+20^\circ$ avec des dents de scie dues à la régulation automatique. Les températures superficielles intérieures sont plus ou moins décalées par rapport à la température intérieure, l'écart variant entre 4° et 6° . Les deux bloc (murs 11 et 12) sont à la même température ce qui est normal; les joints sont plus froids, le joint discontinu étant plus froid que le joint continu.

L'on peut à un instant donné, ou en moyenne sur une période assez longue, mesurer pour chaque point du mur la valeur

$$\frac{T_i - \theta}{0,13 (T_i - T_e)} = R$$

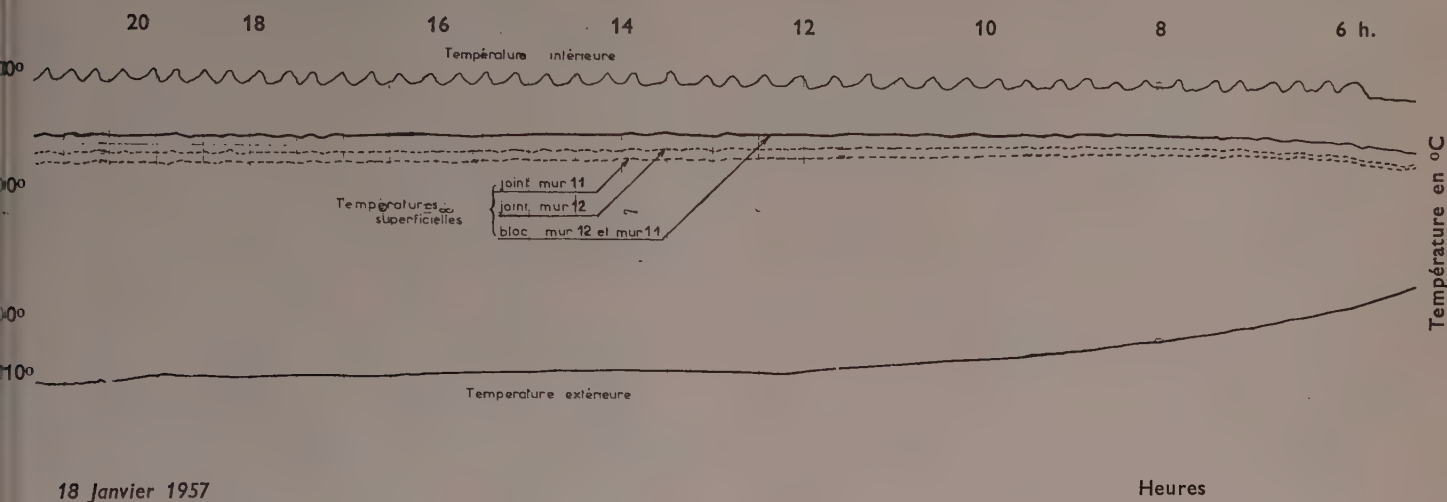


FIG. 22.

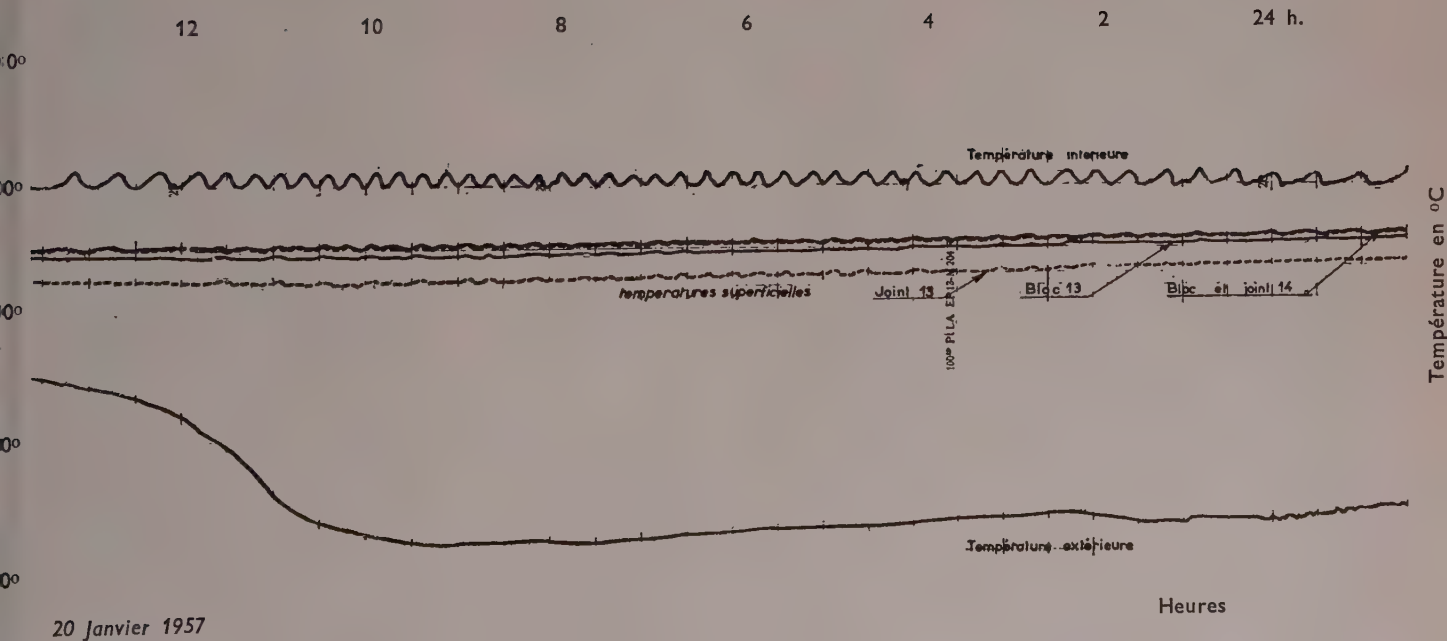


FIG. 23.

qui de façon tout à fait semblable à ce qui a été dit plus haut mais en remplaçant P_i par θ de façon à se placer du point de vue du mur, mesure les risques de condensation superficielle au droit des divers points du mur. Pour éliminer même les erreurs dues à la variation de température extérieure nous avons cherché simplement à comparer entre elles ces valeurs, ce qui revient à comparer simplement les écarts

$$T_i - \theta = G$$

Pour le mur 11 on trouve que :

$\frac{G \text{ au droit du joint continu}}{G \text{ au droit du bloc}} = 1,50$, nous dirons que le joint continu est 50 % plus froid que le bloc;

pour le mur 12 on trouve

$$\frac{G \text{ au droit du joint discontinu}}{G \text{ au droit du bloc}} = 1,25$$

le joint discontinu n'est que 25 % plus froid.

La figure 23 donne des enregistrements effectués sur les murs 13 et 14 pour lesquels on trouve :

$$\text{mur 13 : } \frac{G \text{ au droit du joint continu}}{G \text{ au droit du bloc}} = 1,33$$

$$\text{mur 14 : } \frac{G \text{ au droit du joint coulé}}{G \text{ au droit des dalles}} = 1,00$$

Des mesures identiques ont été effectuées sur une dizaine de groupes de sondes, et ont donné un ensemble de résultats très homogènes qui montrent que :

— 1° le joint discontinu est moins froid que le joint continu; il reste cependant toujours nettement plus froid que les blocs. Les risques de condensation sont donc dans tous les cas plus élevés au droit des joints.

— 2° le joint coulé seul est à la même température que le reste du mur; ceci semblerait dire que le béton cellulaire passant devant le mortier tend à égaliser les températures au nu intérieur du mur.

A cet aspect purement thermique du problème s'ajoute peut-être le fait que le mortier plus lourd que le béton cellulaire est moins perméable à la vapeur et à l'eau, donc moins armé pour absorber les condensations.

3° Briques creuses.

Les essais sur murs en briques creuses ont été entrepris avec la collaboration de la Fédération des Fabricants de Tuiles et Briques de France en vue d'examiner les avantages apportés par les nouvelles briques nationales « B1 » à rupture de joints comparées aux briques creuses traditionnelles.

La figure 24 montre à la fois le dessin des briques et leur comportement. Trois séries de briques creuses ordinaires et de briques « B1 » provenant de trois usines différentes ont été essayées. Chaque mur est monté au mortier bâtard et enduit extérieurement au mortier bâtard et intérieurement au plâtre.

La photographie prise à la fin de l'hiver 1956-1957 montre nettement sur les bandes peintes — toujours avec la

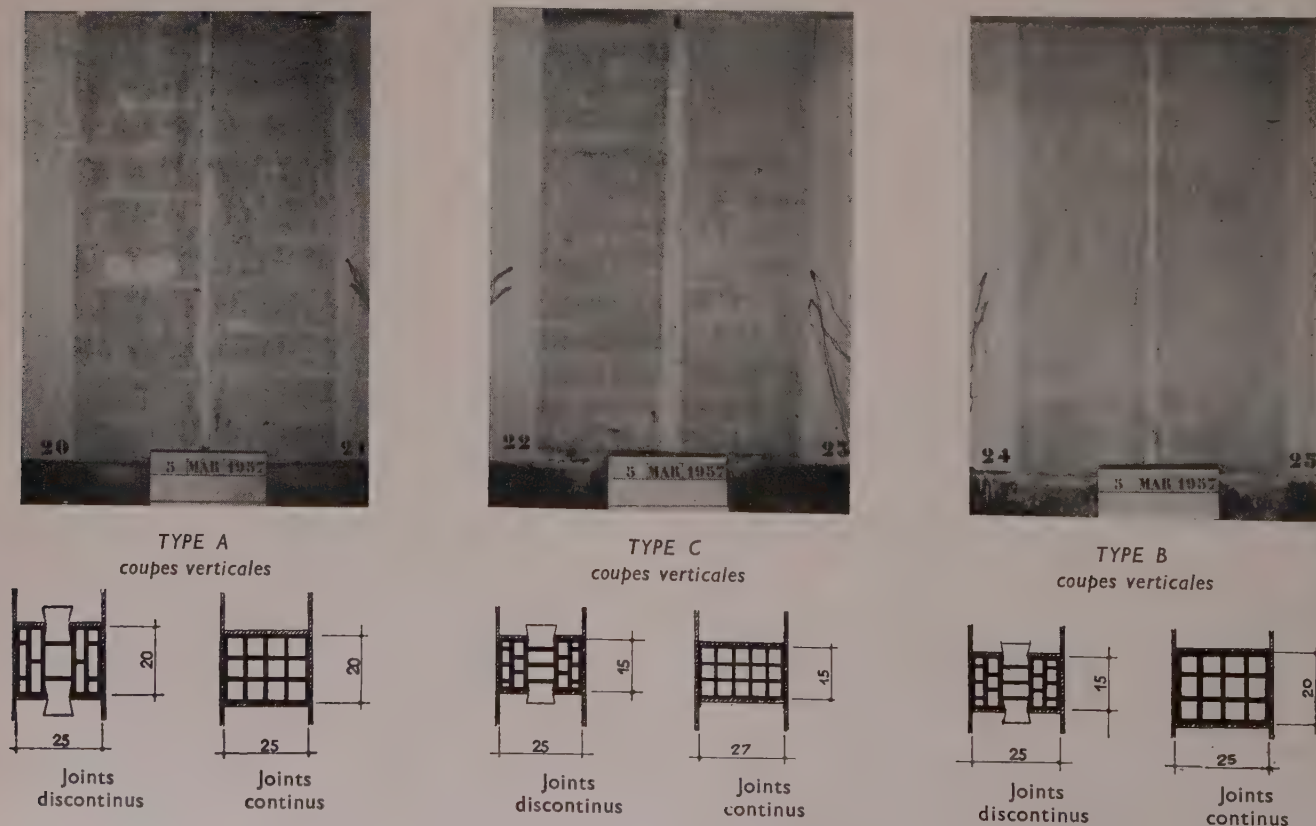


FIG. 24. — Murs en briques creuses enduites.

même peinture réactive — que les fantômes apparaissant aux joints sont à peu près les mêmes sur les murs à joints continus et sur ceux à joints discontinus. Une hétérogénéité dans la climatisation du bâtiment plus humide du côté des murs 20-21 fait que les fantômes sont plus appa-

les murs est, les prélèvements ayant été faits après une période de beau temps. Il convient de remarquer que :

— les enduits étaient très bien faits en deux couches, de petites dimensions et non fissurés;

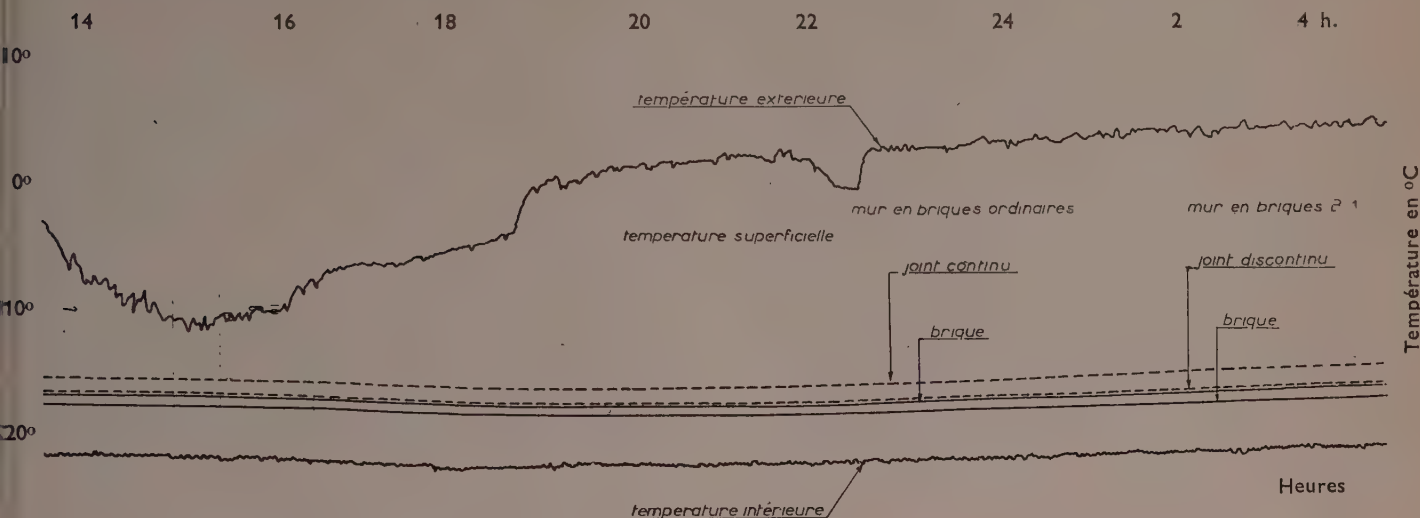


FIG. 25. — Murs 20-21 (Est haut) le 15 mars 1956.

rents sur ces deux murs que sur les murs 22-23; sur les derniers 24-25 ils sont même inexistantes. Aucune condensation n'est apparente au droit des briques, sur les six murs.

Les mesures de températures superficielles dont un exemple est donné figure 25 révèlent que :

— la température au droit des briques « B1 » est plus élevée qu'au droit des briques ordinaires; le coefficient K des premières, calculé par ailleurs, est en effet meilleur,

— dans chaque groupe de mur les joints sont plus froids que les briques.

Au cours du précédent hiver (1955-1956) nous avons peint une partie du mur à la peinture glycérophthalique imperméable à l'eau et sur laquelle les condensations se traduisaient par des ruissellements momentanés.

La photographie de la figure 26 a été prise à un moment bien déterminé où seuls les joints continus étaient le siège de condensation. *En résumé, les joints discontinus diminuent les risques de fantômes sans les supprimer, seuls sont vraiment efficaces les joints coulés.*

4° Mesure de l'humidité intérieure du mur.

Quoique dépassant le cadre des condensations superficielles qui est le sujet de cette conférence, je voudrais cependant dire un mot des mesures que nous avons faites en vue d'étudier l'humidification des murs dans leur masse.

A cet effet des séries de prélèvements ont été effectuées dans tous les murs à la fin de l'hiver et à la fin de l'été.

Nous avons constaté tout d'abord que les murs ouest exposés à la pluie n'étaient ni plus ni moins humides que

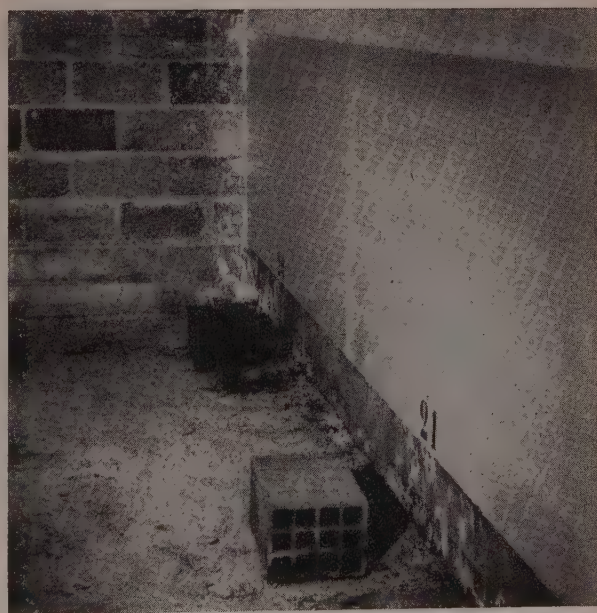


FIG. 26. — Condensation apparente sur la peinture glycérophthalique.
Mur 20 : Briques creuses B¹ à rupture de joints.
Mur 21 : Briques creuses ordinaires à joints continus.

— le climat de la région parisienne est relativement sec, les murs mouillés par la pluie étant rapidement séchés. Il n'en serait peut-être pas de même sur les côtes de la Manche.

Aucune infiltration d'eau de pluie n'a été observée au cours des trois années d'essais.

Les courbes de la figure 27 donnent d'abord une idée de l'évolution de l'humidité des murs au cours des saisons. Il semble étonnant a priori que les murs soient plus secs à la fin de l'hiver 1956-1957 qu'à la fin de l'été 1956. Je pense que ceci tient au fait que :

— les conditions de l'hiver 1955-1956 furent extrêmement sévères d'où forte humidité en mars 1956,

— le séchage durant l'été 1956 n'a eu lieu pratiquement que par la face extérieure des murs, les bâtiments étant clos et non ventilés (à part de rares périodes) d'où un séchage imparfait jusqu'en octobre 1956;

— ce séchage a été poursuivi artificiellement à la fin de l'automne 1956 pour sécher des peintures appliquées à cette époque;

— les conditions de l'hiver 1956-1957 furent beaucoup moins sévères que celles de l'hiver précédent;

— en mars 1957 lors des dernières mesures le temps était plus chaud qu'en mars 1956;

— enfin, l'eau de construction peut avoir une certaine influence.

Aussi faut-il se garder de donner encore une valeur absolue à ces chiffres. Nous continuerons des mesures au moins jusqu'à la fin de l'été 1957

La connaissance des taux d'humidité de divers types

de matériaux placés dans les mêmes conditions a pour nous une très grande importance. Elle nous permettra de fixer les taux d'humidité à retenir lors de la détermination des coefficients d'isolation thermique K des maçonneries, travail actuellement en cours au C. S. T. B. Ce coefficient en effet varie avec l'humidité mais pour des raisons pratiques l'on ne doit donner aux utilisateurs qu'un seul chiffre. Il serait sans valeur de donner le chiffre correspondant à l'état totalement sec (coefficient K *théorique*) jamais atteint dans la réalité. Aussi doit-on se fixer un certain taux d'humidité, qui n'est pas le même pour tous les matériaux, mais qui correspond pour tous à des conditions d'ambiance identiques; le K alors obtenu sera le K *utile* égal au K *théorique* déterminé dans certains laboratoires, multiplié par un *indice d'humidité* caractéristique de chaque type de matériaux.

Si l'on revient à l'examen des courbes de la figure 26, l'on fait les constatations suivantes :

1. Les agglomérés de béton léger ne sont guère plus humides, à épaisseur égale, que ceux de béton lourd; ceci est encourageant et supprime les craintes que l'on pouvait avoir concernant l'hygroscopicité des bétons d'aggrégats légers. Il convient de noter cependant que les agglomérés de béton léger essayés ont tous été fabriqués par le C. S. T. B. dans de bonnes conditions avec granulométrie très étudiée dans le but d'éliminer au maximum les fines afin de rendre le béton à la fois plus léger donc plus isolant et moins hygroscopique.

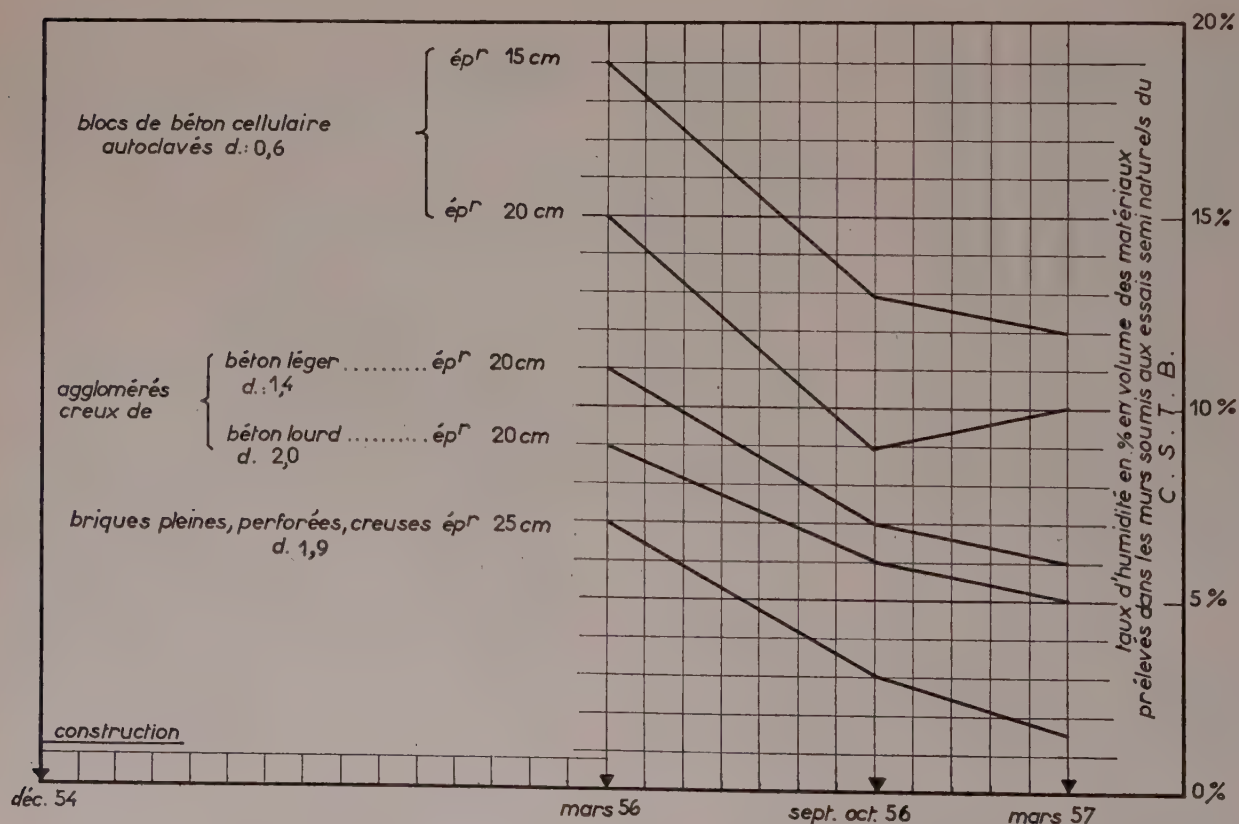


FIG. 27.

2. Le classement décroissant :

béton cellulaire
béton léger
béton lourd
terre cuite

est le même que ceux trouvés par l'Institut Technique de Stuttgart d'une part lors d'essais semi-naturels semblables aux nôtres, d'autre part lors de prélèvements dans des logements habités.

Il ne faut pas en déduire bien entendu un classement de qualité des matériaux, car si le fait d'être humide constitue un inconvénient en ce sens qu'il diminue l'isolation, il n'est pas un inconvénient majeur tant que l'on se trouve loin de la saturation, celle-ci étant atteinte avec une quantité d'eau d'autant plus grande que le matériau est plus léger.

B. — Essais sur grands panneaux préfabriqués

Ce deuxième cycle d'essais a été entrepris au cours de l'hiver 1956-1957 ; nous avons abordé d'abord l'étude de deux problèmes qui sont essentiellement des problèmes de condensation superficielle : l'étude des ponts thermiques et celle des enduits intérieurs absorbants.

1^o Étude des ponts thermiques.

Il s'agit de rechercher les remèdes propres à éviter les condensations localisées sur les ossatures de béton armé moins isolantes que le matériau de remplissage.

Pour faciliter notre étude nous avons choisi comme remplissage le béton cellulaire qui grâce à sa faible densité ($d = 0,6$) est à la fois nettement plus isolant que le béton lourd ($d = 2,2$) et plus absorbant. L'on a donc construit une série de murs en blocs de béton cellulaire comprenant des ossatures de béton compact horizontales ou verticales, isolées ou non, d'épaisseur variable. Tous ces murs sont enduits extérieurement au mortier bâtard et intérieurement au plâtre.

La figure 28 montre à la fois la constitution des divers ponts thermiques et leur comportement apprécié grâce à la peinture réactive appliquée sur le plâtre.

Le cas du *pont thermique total vertical*, poteau traversant toute l'épaisseur du mur, est bien connu ; les moisissures très fortes sont parfaitement localisées sur le poteau.

A droite deux *ponts thermiques isolés intérieurement* ne donnent lieu qu'à de très faibles traces de condensation de l'ordre des fantômes sur les joints.

A gauche par contre sur les deux *ponts thermiques isolés extérieurement*, les moisissures sont nettement

Ponts thermiques totaux



Ponts thermiques isolés extérieurement



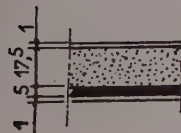
Ponts thermiques isolés intérieurement



Coupes verticales montrant les ponts thermiques horizontaux



Vue intérieure ; condensation sur la peinture réactive



Coupes horizontales montrant le pont thermique vertical

B. — Mur type Suédois avec voile de béton intérieur

A. — Mur en blocs de béton cellulaire

FIG. 28. — Étude des ponts thermiques.

apparentes (quoique moindres que sur le pont thermique total).

La différence entre les deux derniers résultats peut paraître a priori surprenante, puisque le coefficient d'isolation du mur au droit des ponts thermiques isolés intérieurement ou extérieurement est théoriquement le même. Des mesures de température superficielle par sondes à résistance noyées dans le plâtre (fig. 29) ont montré toutefois que :

— la température au droit du pont thermique isolé intérieurement est plus élevée qu'au droit du pont isolé extérieurement. Comme pour les joints coulés entre dalles de béton cellulaire, le passage de l'isolant devant le pont thermique tend à uniformiser les températures à la surface du mur. Il est possible également qu'une surface de mur homogène donc d'égal pouvoir absorbant tende également à atténuer les condensations superficielles.

Le cas de l'isolation intérieure pose cependant le problème de l'humidification de l'isolant par condensation de la vapeur à l'intérieur du mur au contact du béton lourd. Là encore le caractère de la condensation : passagère ou continue doit jouer un rôle probablement important ; nous n'avons pas encore abordé l'étude de ce problème.

Le dernier cas, tout à fait à gauche, est celui rencontré avec les murs du type suédois ; un voile de béton intérieur et une isolation en béton cellulaire extérieure. Un pont thermique total horizontal donne lieu à des moisissures nettement moins apparentes que dans le cas d'un pont thermique total identique, mais sans voile de béton intérieur. Il est encore possible que l'homogénéité de matériau sur la face intérieure en constitue une explication.

Il ne m'est pas possible de m'étendre sur ce sujet les essais sont à leur début et seront poursuivis au cours de l'hiver prochain.

2° Enduits intérieurs absorbants.

Certains préfabricants de grands panneaux ne peuvent, pour des raisons propres à la fabrication, utiliser le

plâtre dont nous avons montré tout à l'heure tout l'intérêt.

Ils ont dû alors avoir recours à d'autres matériaux dont principalement les mortiers de ciment (ou de chaux). Nous avons expérimenté deux types de ces mortiers :

— un mortier bâtard ordinaire à base de sable de rivière,

— un mortier bâtard à base d'agrégat léger, dont la densité voisine de 1,3/1,4 est intermédiaire entre celle du mortier ordinaire (1,8/1,9) et celle du plâtre (0,9/1,1).

Les figures 30, 31 et 32 illustrent les résultats obtenus.

Sur la figure 30 — mur en béton cellulaire enduit intérieurement au plâtre — on constate une fois encore que les moisissures apparues au droit du pont thermique sur la peinture réactive, sont invisibles sur le plâtre nu.

Sur la figure 31 — mur en béton cellulaire enduit intérieurement en mortier bâtard ordinaire ou à base d'agrégat léger — on constate à peu près le même phénomène, quoique :

— le pont thermique soit très légèrement apparent sur les mortiers nus,

— les moisissures sont plus abondantes sur le mortier lourd que sur le mortier léger.

Enfin sur la figure 32 — mur du type suédois — on constate que sur le mur sans enduit absorbant les condensations ont ruisselé à partir du pont thermique horizontal et ont provoqué des trainées noires sur la peinture. Ce cliché illustre bien le rôle de l'enduit absorbant qui est de supprimer les ruissellements.

La réalisation d'enduits absorbants en mortier pose cependant quelques problèmes :

1. Les mortiers exécutés pour nos essais ont été talochés puis poncés afin de supprimer la laitance de ciment qui aurait été peu perméable. Il existe peut-être d'autres moyens d'éviter cette couche imperméable.

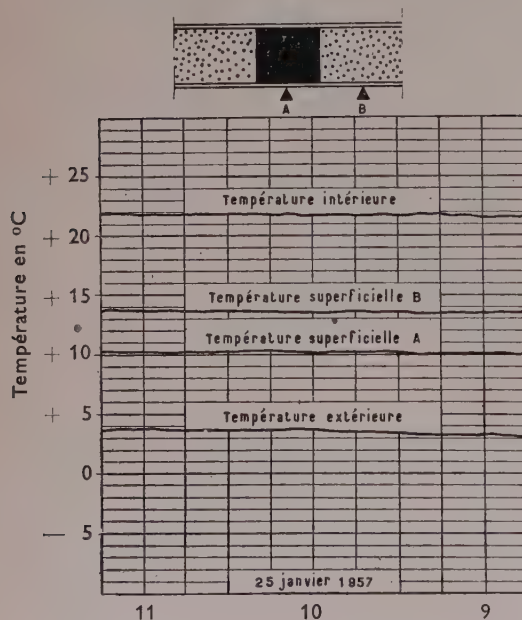


FIG. 29 a. — Pont thermique total.

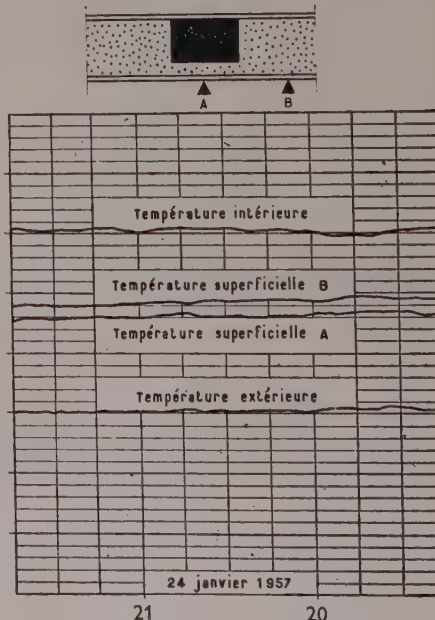


FIG. 29 b. — Pont thermique isolé intérieurement.

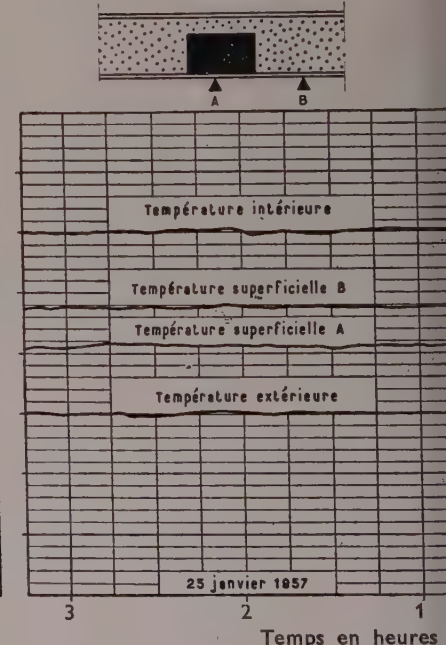
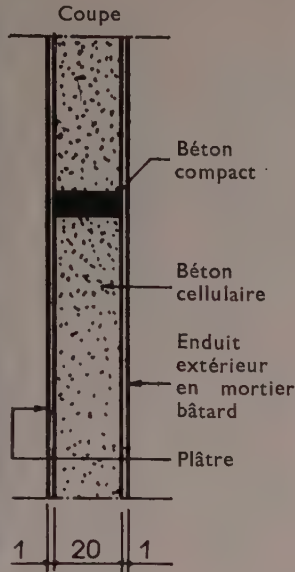
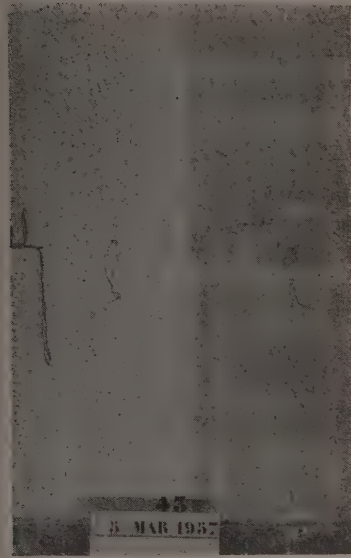


FIG. 29 c. — Pont thermique isolé extérieurement.

Vue intérieure



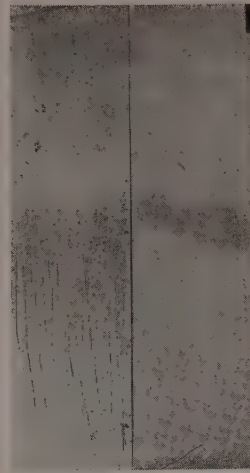
A B

A. — Plâtre nu

B. — Plâtre revêtu de peinture réactive

FIG. 30. — Mur de blocs de béton cellulaire avec pont thermique total.

Vue intérieure



A B

A. — Sans enduit

B. — Avec enduit absorbant

Coupe

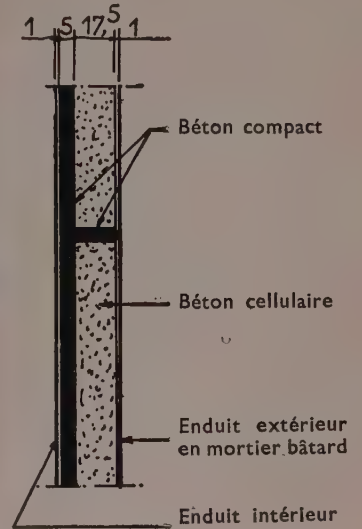
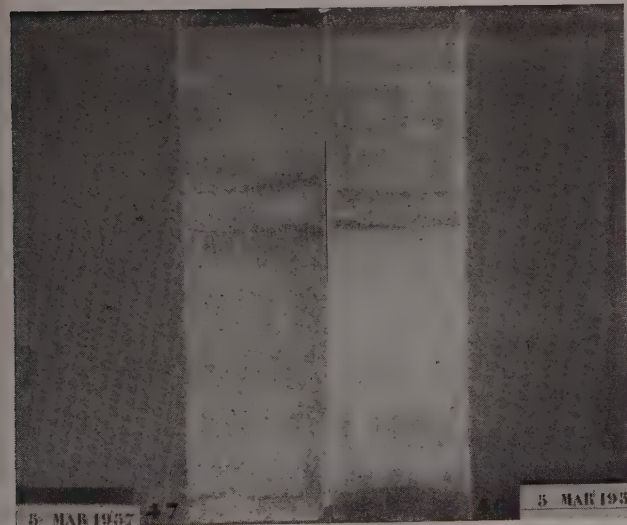


FIG. 32. — Mur type suédois avec pont thermique : condensation sur la peinture réactive.

Vue intérieure



A¹ mortier lourd nu
A² — — — + peinture réactive
B¹ mortier léger + peinture réactive
B² — — — nu

FIG. 31. — Mur en blocs de béton cellulaire avec pont thermique total.

Coupe

1 20 1

Enduit intérieur

Béton cellulaire

2. Comme pour le plâtre, la question du revêtement (peinture ou papier) est primordiale; celui-ci doit être perméable et peu sensible à l'eau.

Je terminerai sur ce sujet des enduits intérieurs absorbants. Ils constituent le résultat le plus marquant de nos essais. C'est là certainement un moyen efficace contre les condensations passagères. Il ne le serait peut-être pas contre des condensations trop prolongées car l'enduit pourrait alors se saturer.

Il existe bien entendu une deuxième méthode pour éviter les désordres dus aux condensations superficielles. Elle consiste à rendre la surface du mur imperméable mais l'on a alors des ruissellements. C'est la méthode traditionnellement employée en France pour les cuisines et salles d'eau. Elle est valable dans la mesure où l'on admet de voir des ruissellements et où le revêtement de sol et les plinthes sont également étanches car ils sont atteints par les ruissellements. Je ne pense pas que ceci soit souhaitable pour d'autres pièces, comme les chambres en particulier, où l'enduit absorbant est alors un élément de confort.

L'enduit absorbant est d'ailleurs utilisé parfois dans les salles de douches afin d'éviter des retombées de gouttes du plafond. Dans certains pays comme la Suède l'on utilise systématiquement le mortier bâtard sans peinture dans les salles d'eau.

Enduit extérieur en mortier bâtard

DISCUSSION

M. LE PRÉSIDENT. — Je félicite le conférencier de la façon très pertinente dont il a analysé le problème.

M. ROLAND BECHMANN. — Vous avez traité des condensations sur les murs : mais avez-vous étudié les condensations qui se produisent parfois sur les sols, dans des cas où les murs sont bien isolants et qui sont très ennuyeuses également ? Elles arrivent à entraîner au bout de quelques années des effets désastreux, même sur les murs. En effet la fréquence des manifestations sur les sols crée dans de tels cas un climat d'humidité dans les pièces considérées et d'autres part les murs isolants, donc parfois poreux, pompent l'humidité condensée sur les sols.

M. CROISSET. — Nous n'avons pas étudié ce phénomène, mais nous l'avons constaté quelquefois ; le cas le plus fréquent est le cas des sols sur passage ouvert.

Les risques de condensation sont alors très élevés car non seulement le plancher est en contact avec l'atmosphère extérieure comme un mur, mais encore parce que les courants d'air très violents dans de tels passages augmentent les échanges thermiques.

A ce sujet, je puis vous citer les normes allemandes qui prévoient pour les planchers sur passage ouvert un coefficient d'isolation encore plus élevé que pour les murs. Pour éliminer les condensations il faut bien sûr isoler au maximum le plancher.

M. ROLAND BECHMANN. — Ce n'est pas dans ces cas là que j'ai eu l'occasion de constater ce genre de manifestations, car on pense généralement à isoler les planchers qui se trouvent au-dessus de ces passages : j'ai eu affaire à des cas de sols collés minces sur planchers en béton armé, avec dalle pleine ou dalle de compression épaisse, situés non pas sur un vide sanitaire, mais sur terre-plein constitué pourtant de matériaux creux et isolants. Ces manifestations qui se produisent à différents moments de l'année et non seulement en période froide, paraissent liés à l'inertie thermique des dalles épaisses qui sont très longues à se réchauffer, lors des changements de température. Lorsqu'il s'agit de relèvement de la température extérieure (en demi-saison notamment où l'air est souvent humide) l'isolation même du terre-plein doit contribuer à la lenteur du réchauffement de la dalle et il se produit des condensations fort désagréables, dues à son inertie thermique.

M. CROISSET. — C'est possible quoique en général les murs se refroidissent plus vite. Ne s'agit-il pas de ruissellements sur les murs qui ont coulé sur le sol ?

M. ROLAND BECHMANN. — Non, les murs sont très isolants ; il sont en parpaings creux de pouzzolane.

M. CROISSET. — Je n'ai pas moi-même constaté de tels phénomènes au-dessus des vides sanitaires.

M. VALLETTE. — J'ai eu à connaître d'un cas où les habitants se seraient accommodés d'avoir des condensations dans la pièce, mais les moisissures les gênaient ; il était donc question d'une peinture ou d'un enduit quelconque qui aurait empêché la formation de moisissure, un antiseptique, ou plutôt une peinture antiseptique, qui aurait empêché la formation de champignons ; est-ce que vous avez étudié cette question ?

M. CROISSET. — Non ; nous devons l'étudier et nous avons posé la question aux entrepreneurs et fabricants de peinture.

M. BUISSON. — Il existe des peintures de ce genre.

M. CROISSET. — Vous avez pu constater que l'absence de peinture évitait des moisissures ; mais sans doute existe-t-il des peintures qui sont suffisamment inertes à l'eau quoique perméables.

M. BUISSON. — La moisissure se produit toujours en milieu organique ; c'est une question de température et de ventilation ;

les moisissures se développent toujours dans les parties non ventilées à des températures moyennes et aussi surtout à l'abri de la lumière. Mais il est possible d'empêcher sa production et sa prolifération en incorporant des antiseptiques et fongicides dans la peinture.

M. LE PRÉSIDENT. — Il y en a souvent derrière les meubles.

M. BUISSON. — A l'abri de la lumière les moisissures se développent en milieu organique si on ne prend pas de précaution. Le moyen de la peinture fongicide est une excellente chose.

Dans un autre ordre d'idée, et pour éviter les spectres de condensation qui doivent malgré tout se produire, je ne sais pas si vous l'avez essayé, on peut constituer des joints avec un mortier isolant, avec un mortier de pouzzolane par exemple. Puisque, avec le mortier ordinaire, des spectres de joint se forment, pourquoi ne pas constituer les joints en mortier de ce genre ? Je sais que c'est un peu plus coûteux que le mortier ordinaire, et que cela change les habitudes de l'entreprise, mais si on veut tout de même profiter du fait qu'on constitue des murs avec des matériaux isolants, il faut qu'on arrive aussi à faire des joints isolants de façon à éviter les spectres ; ces joints isolants sont obtenus ou seront obtenus si on constitue le mortier avec le même matériau que le mur ou que l'aggloméré lui-même, et cela ne doit pas coûter tellement plus cher.

M. CROISSET. — Certains préfabriquants réussissent également à supprimer les joints ; c'est également une solution.

M. BUISSON. — Oui, pour autant que les pénétrations peuvent être évitées par des dispositifs spéciaux, et que l'eau pénétrant malgré les précautions prises peut être collectée et évacuée.

M. CROISSET. — Je pensais surtout à des éléments intérieurs à parement fini posés à joints vifs.

M. BUISSON. — Je sais qu'on arrive à de bons résultats en procédant ainsi.

M. CANQUETEAU. — Est-ce que le spectre de joints se marque sur des pierres de taille maçonnées au plâtre ?

M. CROISSET. — Je ne sais pas, je n'en ai jamais vu.

M. BUISSON. — En général, les joints de pierre de taille sont au plâtre et c'est très absorbant.

M. CROISSET. — Ces joints sont également très minces.

M. BUISSON. — On voit assez rarement des spectres sur des joints de pierre de taille. La pierre de taille de construction employée autrement qu'en revêtement est en général assez tendre, donc poreuse et absorbante ; par conséquent, on est dans les meilleures conditions pour éviter les spectres.

M. CANQUETEAU. — Dans le cas des blocs de béton cellulaire à joints coulés, comment réalisez-vous le joint horizontal ?

M. CROISSET. — Ce ne sont pas des blocs, ce sont des dalles de hauteur d'étage.

M. CANQUETEAU. — Vous avez alors une coupure par l'ossature qui vient se montrer en façade à hauteur de l'étage.

M. CROISSET. — Ce procédé est utilisé en Suède pour de petites maisons d'un seul étage où le plancher haut est également constitué de dalles de béton cellulaire ; un chaînage, assez faible d'ailleurs, est constitué par un fer noyé dans le joint central, ce qui évite d'avoir un joint apparent intérieurement.

M. LE PRÉSIDENT. — Est-ce que vous avez essayé les bétons cellulaires poncés intérieurement ? Font-ils buvard ?

M. CROISSET. — Non, nous ne l'avons pas essayé; je pense que le béton cellulaire doit faire buvard; mais les joints subsistent toujours.

M. LE PRÉSIDENT. — On nous enseignait autrefois qu'on devait redouter les murs poreux intérieurement avec parois étanches extérieurement, de façon à éviter les condensations intérieures dans le mur; on a attiré notre attention sur ce dispositif qui paraissait vicieux; vous semblez le considérer comme valable.

M. CROISSET. — Nous avons essayé le système suédois et vous voulez parler du procédé inverse qui serait une extension du pont thermique isolé intérieurement.

M. LE PRÉSIDENT. — Il s'agit de dalles continues extérieurement avec parois isolantes intérieures.

M. CROISSET. — Dans le cas d'un pont thermique isolé intérieurement, il y a peut-être des possibilités d'évacuation autour de ce pont. Par contre le cas dont vous parlez devrait être en effet théoriquement mauvais. Quant à l'isolation intérieure des ponts thermiques, elle nécessite sans doute des précautions différentes suivant les matériaux.

M. LE PRÉSIDENT. — Il y a contradiction entre le phénomène buvard et la condensation interne dans le mur.

M. CROISSET. — Le phénomène buvard n'est valable à mon avis que pour l'enduit intérieur lui-même qui est mince et qui contribue dans une très faible mesure à l'isolation thermique; il peut se permettre d'être mouillé et de perdre son eau sans que ce soit grave. Mais si toute l'isolation thermique était mouillée, ce serait plus grave car ce serait l'isolation thermique globale du mur qui serait constamment variable. On doit pouvoir se permettre un enduit absorbant, mais pas un isolant absorbant.

M. R. LE LAN. — Quelle était l'épaisseur des enduits en plâtre dans les enduits que vous avez faits? Pensez-vous qu'il y ait une épaisseur optimum?

M. CROISSET. — Les enduits essayés avaient entre 1 cm et 1,5 cm d'épaisseur, étant réglés théoriquement à 1,5 cm. Je pense que plus ils sont épais plus grand est leur pouvoir absorbant; si on les réduisait trop sans doute ne seraient-ils plus valables.

M. R. LE LAN. — On a tendance actuellement à faire des enduits en plâtre qui sont quelquefois de très faible épaisseur et qui n'arrivent que difficilement à répartir et à étaler les ponts thermiques créés par les joints.

M. MAUBOUCHÉ. — Il semble que la question soulevée par M. le Président et concernant la formation des condensations, pose un problème qui n'a pas été abordé par le conférencier. Celui-ci nous a parlé de condensation se formant sur les surfaces, et présenté une formule permettant d'en déterminer les conditions d'apparition.

Mais il est des condensations dues à une autre origine et que l'on peut appeler condensations cachées. Elles sont dues à la porosité des murs qui ne sont jamais tout à fait étanches à l'air ou aux vapeurs. La différence de teneur en humidité, entre l'intérieur et l'extérieur, crée un déplacement de vapeurs de l'intérieur vers l'extérieur. Si la température de la surface intérieure est celle du point de rosée, on constate une condensation de surface, visible, et c'est le cas qui a été examiné. Mais cette température du point de rosée ne se trouvera, le plus souvent, qu'à l'intérieur du mur. La condensation se produira alors dans cet intérieur, elle est alors cachée mais tout aussi nuisible. Pour l'éviter on doit créer une surface étanche et continue, dite « barrière de vapeur ». Cette surface doit être aussi près que possible de la surface intérieure. Si on la plaçait à l'extérieur, du côté de la face froide, les condensations continueraient à se manifester à l'intérieur du mur. Ne pouvant plus s'écouler vers l'extérieur, elles s'accumuleraient au bas du mur. Il y a donc intérêt à rendre étanche la face située du côté de la chaleur humide.

M. MAUBOUCHÉ. — Avez-vous envisagé d'effectuer des essais sur des murs réalisés avec une barrière de vapeur assez classique, du moins aux Etats-Unis, et comprenant une surface continue

formée de feuilles complètement étanches en aluminium ou papier asphalté. Cette surface n'est généralement pas placée directement sur la face intérieure de la paroi, mais le plus souvent derrière la couche de plâtre, celle-ci gardant, grâce à sa porosité, ses qualités d'absorption très utiles pour les émissions temporaires de vapeur.

M. CROISSET. — Nous ne l'avons pas essayé pour les murs, mais pour les toitures couvertes d'éléments métalliques autoportants sous lesquels les risques de condensations « cachées » sont importants. Nos essais ont montré que la barrière de vapeur située sous l'isolant thermique, entre celui-ci et le plafond, empêche la vapeur d'eau de pénétrer dans le comble et par suite de se condenser au contact de métal froid. En outre, le fait de mettre la barrière de vapeur au-dessus du plafond en plâtre permet de conserver le pouvoir absorbant de celui-ci. Si la barrière de vapeur était située sous le plafond (cas d'une peinture imperméable par exemple) l'on supprimerait bien les condensations dans le comble mais l'on n'aurait plus de défense contre les condensations superficielles au plafond.

Ce procédé revient un peu au procédé suédois de construction des murs, le voile de béton faisant fonction de barrière de vapeur.

M. P. M. GAUTHIER. — Je crois que ce qu'a dit le conférencier intéressera beaucoup les maîtres d'œuvre et les architectes, plus encore que les entrepreneurs et ingénieurs; ces derniers peuvent avoir de bonnes idées, mais ils ont un programme imposé qu'il est difficile de modifier; quand cela ne va pas, cependant, on se tourne d'abord vers l'entrepreneur. De vos travaux très utiles, je retiens les enseignements suivants :

D'abord, beaucoup de logements à bon marché sont chauffés par un poêle unique, cela peut être dangereux : vous avez montré qu'il fallait faire attention aux chambres non chauffées situées à l'extérieur; c'est là une affaire de programme qui dépend des maîtres d'œuvres et des architectes.

Ensuite, dans certains logements réalisés actuellement en grande série, à Nanterre notamment, on a supprimé les cloisons et portes : les cuisines communiquent librement et largement avec la grande salle de séjour servant de chambre, et il en est de même pour la petite chambre attenante. Les inconvénients de ces dispositions, comme ceux de l'absence d'enduit absorbant en plâtre sur les murs se trouvent heureusement atténués grâce au chauffage continu par les planchers. Je crois quand même qu'on a fait là une économie faible et très critiquable au point de vue confort des habitants (vapeurs, odeurs, enfants en bas âge, malades éventuels etc...) en ne faisant pas ces cloisons.

En outre le chauffe-eau au gaz de la cuisine, pratiquement installé dans la salle de séjour puisqu'il y a une communication entièrement libre, peut donner lieu à des condensations, voire même à des intoxications pernicieuses quand ces appareils sont mal réglés; cela pose des questions très importantes de ventilation. Actuellement les gaz chauds se promènent librement entre les deux pièces le long des plafonds chauffants et vont retomber sur les murs opposés dans la salle de séjour. Ces inconvénients et risques auraient pu être évités, semble-t-il, par une cloison, ou même par une simple retombée de 40 cm de hauteur entre les cuisine et les salles de séjour formant une hotte naturelle. Je crois savoir que le M. R. L. se préoccupe en ce moment de cette question, mais j'ai cru devoir la rappeler parce que dans vos études vous avez très précisément remarqué, et souligné ensuite dans votre exposé, les inconvénients de cuisines plus ou moins bien ventilées communiquant librement avec les salles de séjour (dans le cas particulier, avec des chambres-salles de séjour et même avec les petites chambres attenantes).

Il faudrait donc que votre intéressante conférence soit diffusée largement auprès des maîtres d'œuvre et des architectes, autant et même davantage que parmi les ingénieurs et entrepreneurs qui sont ici.

M. ESCANDE. — Je reviens sur la question du plâtre pour la pierre de taille. De tout temps, j'ai vu la pierre de taille reposer sur des joints en plâtre; je crois que de tout temps aussi le plâtre a été employé pour la simple raison qu'on ne voulait pas employer le ciment parce qu'il tache la pierre calcaire. Quand on est arrivé

à des pressions considérables, on a maintenu le plâtre et on n'a pas eu de difficulté, on a employé le plâtre à modeler, on a été en somme hypnotisé par cette idée qu'avec la pierre de taille il ne fallait pas chercher autre chose que le plâtre, d'autant plus que l'on a constaté que son emploi n'avait pas d'inconvénients.

M. LE PRÉSIDENT. — C'est confirmé par le conférencier qui y voit plutôt des avantages.

M. ESCANDE. — Le deuxième point sur lequel j'apporte un petit renseignement est que la Société Centrale des Architectes est en train de refaire une nouvelle série de prix; dans l'étude des « légers » on envisage une réduction de l'épaisseur de l'enduit en plâtre à 1,5 cm au lieu de 2 cm.

M. ROLAND BECHMANN. — Je reviens sur l'intervention de M. Gauthier pour signaler que je ne suis pas tout à fait d'accord avec lui : j'ai en effet l'exemple, dont je parlais tout à l'heure, d'une cité de vingt logements identiques, dans lesquels les cuisines s'ouvrent largement sur les salles de séjour. Les occupants se chauffent en général peu. Les salles de séjour se trouvent assez bien chauffées par la cuisine et n'ont pratiquement jamais de condensation, la température y étant relativement élevée et les murs isolants. Mais il y en a dans toutes les pièces séparées de la salle de séjour par des portes. Certains locataires ont d'ailleurs apporté des modifications et créé des séparations supplémentaires qui confirment ces constatations.

Nous avons pu faire des statistiques irréfutables qui montrent bien, notamment, que les pièces qui ont le plus de condensations sont celles qui ont le plus grand nombre de surfaces refroidies. Les occupants n'utilisent à peu près jamais les chauffages centraux posés à cause de la dépense et seules les pièces ouvertes sur la cuisine (où se trouve la seule source de chauffage utilisée, la cuisinière à charbon), sont exemptes de condensations, les murs étant bien isolants, alors que les pièces fermées en ont.

M. CROISSET. — Vous dites qu'il s'agit de pièces fermées, mais ce n'est jamais complètement fermé.

M. ROLAND BECHMANN. — Ce n'est évidemment jamais assez « fermé » pour que les vapeurs ne puissent passer. Les quelques habitants qui ont chauffé ces pièces ont supprimé les manifestations. Mais la plupart n'en ont pas les moyens. Je pense qu'il faut insister, à ce propos, sur le fait qu'il faut avant tout tenir compte des possibilités financières des occupants pour définir un programme et un équipement exactement adaptés.

M. CROISSET. — Le plus dramatique, à mon avis, est de chauffer l'habitation à l'aide d'une cuisinière unique; cela peut être catastrophique, on fabrique la vapeur à l'endroit le plus chauffé et cette vapeur se condense dans les autres pièces où il fait nettement plus froid, c'est certainement le phénomène le plus grave que nous ayons constaté.

M. CANQUETEAU. — Cette humidité qui se fixe dans le plâtre en surface est-elle restituée à l'intérieur?

M. CROISSET. — Oui lorsque l'on ventile les pièces par exemple et c'est là le fonctionnement idéal de l'enduit absorbant. Une partie de l'eau est également absorbée par le mur puis rejetée vers l'extérieur lorsque le mur sèche par beau temps.

M. CANQUETEAU. — N'avez-vous pas fait de vérifications de la quantité d'eau qui peut passer de l'intérieur à l'extérieur et mesuré le temps nécessaire à l'évacuation dans l'atmosphère extérieure à travers différents revêtements de la surface extérieure du mur?

M. CROISSET. — Non.

M. RIETHMULLER. — On peut considérer, si on veut lutter contre la condensation, que les revêtements doivent être perméables et non imperméables.

M. LE PRÉSIDENT. — D'après ce qu'a dit le conférencier, il y a deux solutions; on accepte le ruissellement ou on ne l'admet pas et c'est la solution papier buvard.

M. RIETHMULLER. — Il y a une solution mixte qui est d'avoir le système buvard dans les salles qui ne sont pas humides et dans les salles d'eau, d'avoir par exemple soit un revêtement imperméable ou tout au moins sur une partie, et une retombée ou des systèmes de ce genre qui sont capables d'absorber l'eau. Si on enrobe le plâtre et si on fait des revêtements comportant du plâtre enrobé d'un matériau à base de matière plastique cela durcira et constituera un système décoratif qui donnera le principe du buvard.

M. LE PRÉSIDENT. — Que devient l'eau qui est absorbée?

M. RIETHMULLER. — Souvent elle est absorbée rapidement, et toujours résorbée lentement, sans effet apparent, uniquement par le fait de la microporosité du type de revêtement approprié utilisé.

M. LE PRÉSIDENT. — Est-ce qu'il est possible de constituer des systèmes permettant d'absorber l'eau mais conservant un certain volant d'humidité...?

M. FEURSTEIN. — Le conférencier paraît partisan de l'enduit au plâtre avec peinture perméable; or les peintures à l'huile sont imperméables et en tant que peintures perméables, il y a bien les peintures à l'eau mais elles ne sont pas inertes à l'eau; le C. S. T. B. connaît-il une peinture perméable inerte à l'eau?

M. CROISSET. — Nous devons étudier cette question avec les entrepreneurs et les fabricants de peinture; il ne m'est pas possible de vous répondre encore de façon précise mais je pense d'après quelques essais préliminaires qu'il existe de telles peintures.

M. LE PRÉSIDENT. — Est-ce que l'abandon du papier peint a compliqué le problème? du papier peint buvard serait une solution.

M. MONDIN. — Je voudrais poser une question concernant les petits logements; effectivement, le chauffage est souvent fait par la cuisinière à la cuisine; mais on a supprimé les hottes ou, la plupart du temps, on a mis des hottes en verre, alors qu'autrefois on utilisait la hotte en plâtre qui avait l'avantage d'absorber l'humidité au fur et à mesure qu'elle se produisait. On a donc compliqué le problème au lieu de le simplifier.

M. CROISSET. — La hotte en plâtre pourrait peut-être permettre de ventiler de façon lente et continue.

M. MONDIN. — L'humidité demeure. En ce qui concerne la question des hottes, n'a-t-on aucune étude?

M. CROISSET. — J'ai regardé des études américaines qui ont montré que le simple fait d'utiliser un aspirateur mécanique dans la hotte augmente considérablement son pouvoir d'élimination des vapeurs.

M. MONDIN. — Un aspirateur mécanique quelconque donne un autre sens à ce problème évidemment, mais nous sommes dans le cas de ces petits logements, de ces cités d'urgence, dans lesquels on chauffe uniquement avec une cuisinière.

M. CROISSET. — Je pense qu'il y a, même avec une hotte, nécessité de chauffer les autres pièces autant que la cuisine.

M. MONDIN. — Cela vaudrait mieux, bien entendu, mais il s'agit, ne l'oublions pas, de logements dont le prix de plafond est très bas. Peut-être l'exécution d'une petite hotte en plâtre, ou autre matériau absorbant l'humidité, constitue-t-elle, dans ce cas, la solution la moins mauvaise?

M. BRENIER. — Vous avez parlé des questions de ventilation; est-ce que dans le cadre du C. S. T. B. vous continuez ces études qui sont indispensables? Comptez-vous examiner les effets de la ventilation artificielle qui semble peu répandue en France, mais est très employée à l'étranger? C'est un moyen pour résoudre le problème de façon économique; on ne dépenserait pas plus d'argent en faisant une bonne ventilation.

M. CROISSET. — Nous envisageons de faire des études de ventilation en déterminant par des mesures de renouvellement d'air, quelle peut être l'efficacité de certains procédés de ventilation.

M. BRENIER. — Êtes-vous d'avis que cette question est primordiale?

M. CROISSET. — Les enregistrements que nous avons faits n'ont donné aucune indication suffisante sur la ventilation, comme ils en ont donné au contraire sur le chauffage. Il m'est donc difficile de répondre.

M. CADIERGUES. — La question de la ventilation permet de résoudre les problèmes qui se posent dans les salles d'eau mais comme cela a été dit tout à l'heure, le problème le plus important est le problème des chambres; or, les chambres ne sont pas ventilées par des dispositifs spéciaux. Par conséquent, les dispositifs de ventilation, même en usage à l'étranger, sont insuffisants pour régler la majorité des problèmes posés par l'élimination de la vapeur d'eau, ou alors il faut des dispositifs de ventilation qui n'existent pas actuellement.

M^{me} URBAIN. — Vous parlez de ventilation artificielle, mais ne croyez-vous pas que la ventilation par l'aération naturelle serait susceptible de résoudre tous les problèmes?

M. CROISSET. — Oui, mais cela suppose du chauffage; l'on aère quand on a chaud. Dans les logements pauvres vous avez pu voir que plus il faisait froid à l'extérieur et plus l'atmosphère intérieure

était humide; cela tient beaucoup au fait que quand il fait très froid les gens n'aèrent plus du tout parce qu'ils ont peur de refroidir davantage; l'aération entraîne un supplément de dépenses de calories.

M^{me} URBAIN. — Je ne parle pas de l'aération qui consiste à ouvrir fenêtres et portes, mais une installation par bouches d'aération; à ce moment-là, l'aération est étudiée et personne n'a besoin de dire : « il fait froid, je n'aère plus »; l'aération se fait normalement.

M. CROISSET. — Les habitants suppriment cette aération.

UN AUDITEUR. — Les prises d'air frais sont bouchées dans les logements économiques.

M. LE PRÉSIDENT. — Il me reste à remercier à nouveau le conférencier; il nous a instruits; je pense que vous avez apporté vous-mêmes vos préoccupations nouvelles qui vont lui permettre d'aller plus loin.

M. CROISSET. — Je vous remercie beaucoup de votre accueil.

Les thèses et la méthode d'exposition adoptées par les conférenciers et les personnes qui prennent part aux discussions peuvent parfois heurter certains points de vue habituellement admis. Mais il doit être compris que ces thèses et discussions, à l'égard desquelles l'Institut Technique ne saurait prendre parti, ne visent en rien les personnes ni le principe des Institutions.

(Reproduction interdite.)

ÉDITÉ PAR LA DOCUMENTATION TECHNIQUE
DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS,
6, RUE PAUL-VALÉRY, PARIS-XVI^e.

4544-11-57. — Typ. FIRMIN-DIDOT et C^{ie} Mesnil (Eure).

Dépôt légal : 4^e trim. 1957.

(Ann. I. T. B. T. P.)

Le Directeur-Gérant : P. GUÉRIN.

DOCUMENTATION TECHNIQUE

109

RÉUNIE EN AOUT 1957

SERVICE DE DOCUMENTATION

L'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics peut en général fournir la reproduction *in extenso* des documents figurant à l'index analytique de documentation : sur microfilms négatifs de 35 mm qui peuvent être lus en utilisant soit un agrandisseur photographique courant, soit un lecteur de microfilms ou sur papiers positifs pour lecture directe.

Les demandes de documents doivent comporter le numéro d'ordre placé en tête de l'analyse, le titre du document et le nom de l'auteur.

Prix des reproductions photographiques

Microfilms : la bande de 5 images (port en sus).....	160 F
Positifs sur papier : la page (port en sus) :	
Format 9 × 12.....	70 F
Format 18 × 24.....	110 F
13 × 18.....	90 F
21 × 27.....	150 F

Minimum de perception.. 250 F

Ces prix sont susceptibles de variation.

Pour tous renseignements, s'adresser à l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics,
6, rue Paul-Valéry, Paris-XVI^e.

I. — INDEX ANALYTIQUE DE DOCUMENTATION

Les références de chaque article sont données dans l'ordre suivant : Numéro d'ordre, titre de l'article, nom de l'auteur, nom de la revue, date, numéro du fascicule, nombre de pages, nombre de planches.

B. — ARCHITECTURE ET URBANISME

1-109. Mesures d'encouragement à la construction. Guide pratique du constructeur. — Edit. : *Fédération nation. Bâtim. Activités annexes*, Fr. (1957), 7^e éditn, 1 vol., 431 p., fig., 2 pl. h.-t. — Voir analyse détaillée B. 2235 au chapitre II « Bibliographie ». — E. 48303. CDU 333.322.3 : 35 (03).

2-109. Tout ce qu'il faut savoir en 1957 sur l'aide à la construction. — *Habitation*, Fr.

(avr. 1957), 3^e éditn, numéro spécial, 216 p., fig. — Exposé aussi simple et pratique que possible sur la réglementation relative à la construction bénéficiaire d'une aide de l'Etat. Questions à résoudre avant de ne rien entreprendre : urbanisme et aménagement du territoire, choix du terrain, voirie, rôle des architectes et techniciens, permis de construire. Etude des organismes d'exécution. H. L. M., sociétés d'économie mixtes, sociétés immobilières de construction, associations, coopératives-Batcoop. Logements bénéficiant d'une aide : définition des surfaces, primes. Conditions pour bénéficier d'une aide. Problèmes de financement. Allocations de logement. Procédures et formalités. Achat de bien ancien. Les logements comportant loyers. Mesures spéciales en faveur de l'habitat rural. Les loyers. — E. 47718. CDU 333.322.3 : 35 (44).

lières de construction, associations, coopératives-Batcoop. Logements bénéficiant d'une aide : définition des surfaces, primes. Conditions pour bénéficier d'une aide. Problèmes de financement. Allocations de logement. Procédures et formalités. Achat de bien ancien. Les logements comportant loyers. Mesures spéciales en faveur de l'habitat rural. Les loyers. — E. 47718. CDU 333.322.3 : 35 (44).

Les analyses sont publiées dans l'ordre des rubriques de la classification du système CORDONNIER, établie pour le rangement du fichier de documentation de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics et elles comportent une indexation suivant la notation de la Classification Décimale Universelle (CDU).

C. — SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

Ca RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

3-109. Statique de la construction. III. (Praktische Baustatik). SCHREYER; Edit. : B. G. Teubner Verlagsgesellschaft M. B. H., All. (1956), 3^e édit., 1 vol., vi + 244 p., 364 fig. — Voir analyse détaillée B. 2254 au chapitre II « Bibliographie ». — E. 48795. —
CDU 624.01 (03)

4-109. Retrait et contraintes dues à la température dans les murs en maçonnerie (Shrinkage and temperature stresses in masonry). COPELAND (R. E.); J. A. C. I., U. S. A. (fév. 1957), vol. 28, n° 8, p. 769-780, 11 fig. — Présentation d'une théorie basée sur des recherches expérimentales en vue de la détermination de l'espacement maximum admissible des joints destinés à prévenir la fissuration de murs nus. — Discussion de l'influence de variables telles que le mode d'encastrement et les propriétés des éléments de la maçonnerie. — E. 46576.

CDU 693.5.012.43 : 693.1 : 624.043/4.

5-109. Calcul par approximations successives des efforts dus aux diagonales croisées (en construction métallique). (Berechnung der Mitwirkung gekreuzter Diagonalen durch schrittweise Näherung). WOYWOD (E.); Stahlbau, All. (avr. 1957), n° 4, p. 111-113, 5 fig., 2 réf. bibl. — E. 47401.

CDU 624.042/3 : 624.078.8 : 624.014.

6-109. Efforts exercés par les vagues de l'océan sur des pieux cylindriques circulaires (Ocean wave forces on circular cylindrical piles). WIEGEL (R. L.), BEEBE (K. E.), MOON (J.); J. Hydraul. Div., U. S. A. (avr. 1957), n° HY2 : Proc. A. S. C. E., vol. 83, Pap. 1199, 36 p., 22 fig., 23 réf. bibl. — Etude faite par l'Université de Californie sur le comportement de pieux placés près de Davenport en eau profonde de 13,7 à 15 m environ. — Mesures faites à l'extensomètre pour des vagues atteignant 6 m. — Interprétation des résultats. — E. 47618.

CDU 624.043 : 624.155 : 627.20 : 531.7.

7-109. La détermination des vagues de tempête en vue du calcul des ouvrages (Hurricane design wave practices). BRETSCHNEIDER (C. L.); J. Waterw. Harbors Div., U. S. A. (mai 1957), b° WW2, Proc. A. S. C. E., vol. 83, Pap. 1238, 33 p., 19 fig., 16 réf. bibl. — Essai de prévision de l'importance des vagues dues aux ouragans et leur fréquence. — E. 48147.

CDU 627.52 : 532.

8-109. Le travail de la table de compression dans la dalle à nervures précontraintes (Die Mitwirkung der Gurtscheibe beim vorgespannten Plattenbalken). SCHLEEH (W.); Beton-Stahlbetonbau, All. (mai 1957), n° 5, p. 112-117, 10 fig., 2 réf. bibl. — E. 47759.

CDU 624.073/2/8 : 624.012.46.

9-109. Influence de l'élasticité du sol de fondation sur les moments auxquels est soumis un portique à étages (Der Einfluss der Baugrundelastizität auf die Momente eines Stockwerkhrahmens). FREIHART (G. et I.); Beton-Stahlbetonbau, All. (mai 1957), n° 5, p. 118-119, 2 fig., 3 réf. bibl. — E. 47759.

CDU 624.072.33 : 624.131.4 : 539.3.

10-109. Procédé statique pour la détermination de la répartition des efforts dans des voiles plans raidis à angle droit (Ein baustatisches Verfahren zur Ermittlung der Krafteinleitung in rechtwinklig ausgesteiften Scheiben). BEER (H.), RESINGER (F.); Stahlbau, All. (avr. 1957),

n° 4, p. 93-98, 19 fig., 9 réf. bibl. — E. 47401.
CDU 624.042/3 : 624.074.4 : 624.078.8.

11-109. Calcul des efforts tranchants dus aux perturbations aux arêtes des voiles de révolution constitués par assemblage de surfaces différentes (Zur Berechnung der Randstörungsschnittkräfte rotationssymmetrischer Schalen bei Zusammenschluss mehrerer Elemente). FORKEL (W.); Wissenschaft. Zeitschr. Hochschule Archit. Bauwesen Weimar, All. (1956-57), n° 1, p. 35-47, 26 fig., 4 réf. bibl. — E. 48385.

CDU 624.043 : 624.074.4 : 624.078.

12-109. Moments fléchissants dans les dalles de tablier en encorbellement (Biegemomente in auskragenden Fahrplattent). DEHNKAMP (G.), KROSSE (H.), Bauingenieur, All. (fév. 1957), n° 2, p. 52-56, 8 fig. — E. 46462.

CDU 624.042/3 : 624.073 : 69.022.38.

13-109. Etude des efforts tranchants dans une poutre soumise à une charge normale oscillante et à un effort longitudinal. Contribution à l'étude des principes fondamentaux de la théorie générale des déformations (Die Schnittkräfte des Balkens mit schwingender Querbelaugung unter Berücksichtigung einer zusätzlichen Normalkraft. Ein Beitrag über die Grundlagen der allgemeinen Verformungstheorie). DIMITROV (N.); Stahlbau, All. (avr. 1957), n° 4, p. 107-111, 12 fig., 7 réf. bibl. — Etude des efforts variables dus aux charges mobiles (calcul des ponts). — E. 47401. CDU 624.042/3 : 624.072.3.

14-109. Les vibrations dans les ponts-route à travée unique (The vibration of simple span highway bridges). BIGGS (J. M.), SUER (H. S.), LOUW (J. M.); J. Struct. Div., U. S. A. (mars 1957), n° ST2 : Proc. A. S. C. E., vol. 83, Pap. n° 1186, 32 p., 20 fig., 7 réf. bibl. — Présentation d'une méthode permettant de prévoir l'amplitude et le caractère des vibrations produites par le passage de véhicules lourdement chargés. La précision de la méthode et la validité des hypothèses faites sont déterminées d'une part par des essais en laboratoire sur des modèles de ponts, d'autre part par des essais sur ouvrages existants. — E. 47084. CDU 534 : 624.27 : 629.11 : 69.001.5.

15-109. Sur les vibrations des ponts suspendus (Ueber die Flatterschwingungen von Hängebrücken). ZILLER (F.); V. D. I., All. (1^{er} avr. 1957), vol. 99, n° 10, p. 405-415, 9 fig., 10 réf. bibl. — Exposé historique des études entreprises, présentation d'une théorie simplifiée, conclusions pratiques. — E. 47007.

CDU 624.5 : 624.042 : 534.

16-109. Flambement d'une plaque dans le domaine de l'écrouissage (Plate buckling in the strain-hardening range). HAAIJER (G.); J. Engng. Mech. Div., U. S. A. (avr. 1957), n° EM2 : Proc. A. S. C. E., vol. 83, Pap. 1212, 24 fig., 20 réf. bibl. — Etude du problème du flambement de tôles d'acier soumises dans leur plan à une compression excédant la limite élastique. — Hypothèses fondamentales. — Etude mathématique. Discussion. Comparaison des résultats théoriques aux résultats d'essais. — E. 47614.

CDU 624.073 : 624.075.2 : 539.5.

17-109. Comportement des tôles d'âme de poutres pleines soumises à la flexion pure (The behaviour of webplates of plate girders subjected to pure bending). ROCKEY (K. C.), JENKINS (F.); Struct. Engr. G. B. (mai 1957), vol. 35, n° 5, p. 176-189, 25 fig., 23 réf. bibl. — Compte rendu d'essais effectués pour la détermination des charges de flambement et

leur comparaison avec les valeurs théoriques. Analyse des résultats. — E. 47475.

CDU 620.17 : 624.072.2 : 672.

18-109. Calcul de la charge de rupture des grils de poutres (Traglastberechnung von Trägerrosten). JAEGER (Th.); Bautechnik, All. (avr. 1957), n° 4, p. 155-157, 6 fig., 4 réf. bibl. — E. 47398. CDU 624.046 : 624.072/8.

19-109. Le comportement non élastique du béton dans les ponts. Cas des ponts fer-béton, LEFAUDEX (G.); Génie civ., Fr. (15 avr. 1957), n° 8, p. 180-182, 7 fig., 2 réf. bibl. — E. 47177. CDU 539.5 : 693.5 : 624.27.016.

Cac n Procédés de calcul.

20-109. Calcul des voiles minces polygonaux avec emploi des coefficients d'influence (The analysis of hipped plate structures by influence coefficients). THADANI (B. N.); Ind. Concr. J., Inde (15 avr. 1957), vol. 31, n° 4, p. 106-114, 23 fig. — E. 47844. CDU 624.04 : 624.074.4.

21-109. Voiles minces cylindriques anisotropes (Anisotropic cylindrical shells). CHRONOWICZ (A.); Civ. Engng., B.-G. (mai 1957), vol. 52, n° 611, p. 546-549, 12 fig., 1 réf. bibl. — Adaptation à de tels voiles de l'équation différentielle de Finsterwalder. Application au calcul d'un voile comportant des nervures transversales et des ouvertures. — E. 47781. CDU 624.04 : 624.074.4/7 : 624.078.

22-109. Calcul d'un voile, soit en tant que membrane, soit en tant que plaque; exemple numérique (Berechnung einer Schale als Membran und Platte, Zahlenbeispiel). HERZOG (M.); Bautechnik, All. (mai 1957), n° 5, p. 169-170, 7 fig., 7 réf. bibl. — Application de ces deux conceptions statiques au calcul d'un réservoir cylindrique circulaire. — E. 47756.

CDU 624.04 : 624.074.4.

23-109. Le calcul des constructions métalliques par la théorie de la plasticité (How to design steel by the plastic theory). MERRITT (F. S.); Engng. News-Rec., U. S. A. (4 avr. 1957), vol. 158, n° 14, p. 38-43, 17 fig. — Exposé résumé sur le calcul à la rupture des ouvrages métalliques. Définitions. Principaux schémas de calcul. — E. 47954.

CDU 624.04 : 539.5 : 624.014.2.

24-109. Appréciation du procédé de calcul à la rupture des constructions métalliques, à la lumière de quelques récentes recherches belges. (Evaluation of the plastic design method of steel structures, on the light of some recent Belgian researches). MASSONNET (Ch.); Ingenioren Damm. (15 avr. 1957), n° 15, p. 355-367, 35 fig. — E. 47257.

CDU 624.04 : 539.5 : 624.014.2 : 620.1.

25-109. Calcul à la rupture par flexion, basé sur les courbes contraintes-déformation de cylindres (Ultimate flexural analysis based on stress-strain curves of cylinders). SMITH (G. M.), YOUNG (L. E.); J. A. C. I., U. S. A. (déc. 1956), vol. 28, n° 6, p. 597-609, 13 fig., 3 réf. bibl. — Etude de la résistance à la flexion de poutres en béton armé de section rectangulaire, présentation d'une méthode permettant de déterminer à l'avance la charge de rupture. — E. 45966.

CDU 624.04 : 539.5 : 624.072.2 : 693.55.

26-109. Force portante des arcs en acier doux (Carrying capacity of mild steel arches). STEVENS (L. K.); Proc. Instn civ. Engrs., G.-B. (mars 1957), vol. 6, p. 493-514, 26 fig., 3 fig.

h.-t., 18 réf. bibl. — Etude des conditions dans lesquelles les procédés de calcul basés sur la théorie plastique peuvent être appliqués, moyennant certaines modifications, aux arcs en acier doux. Recherches théoriques et résultats d'essais à la rupture sur modèles. Discussion. — E. 46682. CDU 539.4 : 624.072.32 : 624.014.2 : 69.001.5.

27-109. Détermination du taux de déformation et du moment d'inertie exigible pour les poutrelles utilisées dans des charpentes de type quelconque (Bestimmung der Mittendurchbiegung und des erforderlichen Trägheitsmomentes bei Biegestäben beliebiger Tragwerke). SCHNEIS (M.); *Bauingenieur*, All. (mai 1957), n° 5, p. 169-172, 6 fig. — E. 47924. CDU 624.043/4 : 624.072 : 624.014.2.

28-109. Calcul des fondations sur dalle flottante (dalle radier) (Design of floating slab foundation). GREEN (N. B.); *J. A. C. I.*, U. S. A. (mars 1957), vol. 28, n° 9, p. 889-898, 4 fig. — Il s'agit d'un type de dalle en béton armé fréquemment utilisée dans le bâtiment aux U. S. A., et servant à la fois de semelle de fondation et de plancher. Ce type de fondation permet de réaliser des économies sensibles par rapport aux semelles de type traditionnel séparées de la dalle de plancher. — E. 47104. CDU 624.15 : 69.025.1.

29-109. Résistance au renversement de pieux isolés de faible longueur (Resistance to overturning of single, short piles). CZERNIAK (E.); *J. Struct. Div.*, U. S. A. (mars 1957), n° ST2 : *Proc. A. S. C. E.*, vol. 83, Pap. n° 1188, 25 p., 13 fig., 17 réf. bibl. — Présentation d'une méthode pratique facilitant le calcul des fondations de ce type, notamment dans le cas de raffineries de pétrole et de bâtiments de l'industrie chimique, de réceptacles horizontaux surélevés, d'échangeurs de chauffage, de supports de canalisations et de constructions légères. — E. 47084. CDU 624.04 : 624.154.

30-109. Comparaison des règlements danois, finlandais, norvégiens et suédois pour le calcul des constructions en béton armé (Jämförelse mellan betongnormerna i de nordiska länderna). KUUSKOSKI (V.); *Nordisk-Betong*, Suède (1957) n° 1, p. 37-55, 6 fig., (résumé anglais). — E. 46985. CDU 624.04 : 624.012.45 : 35 (48).

31-109. Le calcul et la vérification des ouvrages en béton armé (Théorie et applications). CHARON (P.); Edit. : Eyrolles, Fr. (1957), 1 vol., 566 p., nombr. fig., 3 fig. h.-t. — Voir analyse détaillée B. 2240 au chapitre II « Bibliographie ». — E. 48526. CDU 624.012.45 : 624.04 : 693.55 (03).

32-109. Le calcul des constructions en béton précontraint et les applications des recherches récentes (The analysis of prestressed concrete structures and the application of recent research). MORICE (P. B.); *Proc. Instn. civ. Engrs.*, B.-G. (mars 1957), vol. 6, p. 445-492, 37 fig., 6 fig. h.-t., 29 réf. bibl. — Etude du comportement des éléments précontraints à la lumière de recherches récentes, présentation de formules de calcul d'éléments précontraints dans les systèmes isostatiques ou hyperstatiques. Application de ces formules au calcul des poutres continues, des portiques et des tabliers de ponts. Influence du frottement entre câbles et gaines dans les éléments mis en post-tension. Discussion. — E. 46682. CDU 624.012.46 : 624.04 : 693.564.

33-109. Calcul des réservoirs cylindriques à paroi d'épaisseur constante. MUZET (R.); *Travaux*, Fr. (juin 1957), n° 272, p. 344-352, 17 fig. — Présentation d'une méthode basée sur la théorie des plaques planes. Les formules générales pour les différents types de liaisons entre les parois verticales et le radier et l'extrémité supérieure permettent un calcul précis des moments, des efforts tranchants et des déformations en tous les points d'une paroi circulaire d'épaisseur constante. — E. 48084. CDU 624.04 : 624.953 : 624.074.7.

34-109. L'influence de la ceinture dans le calcul des réservoirs d'eau et des tours de fermentation (Der Einfluss des Zugringes auf die Berechnung von Wasserbehältern und Faultürmen). BORN (J.); *Bauingenieur*, All. (mai 1957), n° 5, p. 157-161, 6 fig., 8 réf. bibl. — E. 47924. CDU 624.04 : 628.13 : 624.078.

35-109. Etude statique du contreventement d'un support tronconique de réservoir (diamètre du réservoir : 14,5 m) (Statische Untersuchung eines horizontal versteiften Behälterstützringes). WANSLEBEN (E. H. F.); *Stahlbau*, All. (avr. 1957), n° 4, p. 103-107, 11 fig. — E. 47401. CDU 624.04 : 624.953 : 624.078.5.

36-109. Calcul par les « fonctions de base » des grils de poutres à rigidité de torsion négligeable (The analysis of grid frameworks of negligible torsional stiffness by means of basic functions). JAEGER (L. G.); *Proc. Instn. civ. Engrs.*, G.-B. (avr. 1957), vol. 6, p. 735-757, 19 fig., 7 réf. bibl. — E. 47249. CDU 624.04 : 624.072/8/5.

37-109. Calcul de treillis continus sur travées multiples (Analysis of multiple-span continuous trusses). WEI (B. C. F.); *J. Struct. Div.*, U. S. A. (mars 1957), n° ST2 : *Proc. A. S. C. E.*, vol. 83, Pap. n° 1187, 24 p., 16 fig., 4 réf. bibl. — Présentation de la méthode de la ligne d'influence, ses avantages sur la méthode classique. — E. 47084. CDU 624.04 : 624.074.5 : 624.075.

38-109. Note sur la position des points d'inflexion dans les montants des poutres Vierendeel. DECARPENTRIE (E.); *Acier*, Fr. (mai 1957), n° 5, p. 221-228, 5 fig. — E. 47796. CDU 624.04 : 624.072.2 : 624.075/8.

39-109. Calcul des portiques à montants parallèles ou obliques et à encastrement élastique, suivant Kani (Die Berechnung elastisch eingespannter parallel- und schrägstieliger Rahmen nach Kani). SAHMEI (P.); *Stahlbau*, All. (mai 1957), n° 5, p. 140-144, 14 fig., 6 réf. bibl. — E. 47757. CDU 624.04 : 624.072.33.

40-109. Calcul des plaques orthotropes sous charges réparties; moments et flexions aux bords (Berechnung orthotroper Platten unter Flächenlasten, Randmomenten und Randdurchbiegungen). MADER (T. W.); *Stahlbau*, All. (mai 1957), n° 5, p. 131-135, 7 fig., 6 réf. bibl. — Méthode de calcul des plaques rectangulaires orthotropes à partir de l'équation différentielle de Huber. — Application à un tablier de pont. — E. 47757. CDU 624.04 : 624.073/8.

41-109. Flexion d'une plaque rectangulaire ayant un bord libre (Bending of a rectangular plate with one free edge). NACHBAR (W.); *J. Engng. Mech. Div.*, U. S. A. (avr. 1957), n° EM2 : *Proc. A. S. C. E.*, vol. 83, Pap. 1196, 45 p., 29 fig., 8 réf. bibl. — Etude du cas d'une plaque appuyée librement le long de trois de ses bords, libre le long du quatrième, et soumise à une pression répartie normale à son plan, qui est uniforme dans le sens parallèle au bord libre, et varie linéairement dans le sens perpendiculaire à ce bord. Mode de calcul des efforts et déformations. Tableaux des résultats obtenus à la calculatrice rapide. — E. 47614. CDU 624.04 : 624.073/8.

42-109. Dalles en béton armées soumises à la torsion (Vridningsarmerade jernbetonplader). NIELSEN (J.); *Nordisk-Betong*, Suède (1957), n° 1, p. 57-76, 11 fig., (résumé anglais). — Calcul des dalles en béton armées en vue de résister aux moments de torsion. — E. 46985. CDU 624.073 : 624.012.45 : 012.45 : 075.3.

43-109. Calcul d'arcs continus sur des piles flexibles (Analysis of continuous arches on flexible piers). RILEY (W. E.); *J. A. C. I.*, U. S. A. (avr. 1957), vol. 28, n° 10, p. 999-1012, 15 fig., 4 réf. bibl. — Etude montrant l'applicabilité de la méthode de répartition des moments, quand elle est combinée aux

principes de superposition, au calcul pratique des arcs symétriques continus sur piles flexibles. — E. 47635. CDU 624.04 : 624.072.32 : 624.166 : 539.3.

44-109. Calcul des raidisseurs verticaux intermédiaires sur tôles d'âme soumises au cisaillement (The design of intermediate vertical stiffeners on web plates subjected to shear). ROCKEY (J. C.); *Alumin. Develop. Ass.*, G.-B., Res. Rep. n° 31, 22 p., 15 fig., 25 réf. bibl. — (Réimpr. de : *Aeronaut. Quarterly*, nov. 1956, vol. 7). — Le calcul correct des raidisseurs verticaux intermédiaires sur des tôles d'âme soumises au cisaillement présente une grande importance quand ces tôles sont destinées à supporter des charges voisines des charges de flambement. La brochure rend compte d'une série d'essais et expose les conclusions qu'on en peut tirer en ce qui concerne le rapport entre la rigidité à la flexion et l'épauement des raidisseurs et la contrainte de flambement de la tôle raidie. — E. 47975. CDU 539.4 : 624.072.2 : 624.014.2 : 624.078.8.

45-109. Contribution au calcul des barrages-poids allégés (Contributo al calcolo delle dighe a gravità alleggerite). GHIRARDINI (A.), NICCOLAI (C.); *Energ. elettr.*, Ital. (sep. 1956), vol. 33, n° 9, p. 889-903, 28 fig., 4 réf. bibl. — (Trad. de l'art. analysé dans notre DT. 104 de mai 1957, art. n° 56). E. 47592. — Trad. E. D. F. n° 2352, 28 p. CDU 624.04 : 627.8.

46-109. Calcul des contraintes sous charge de roue appliquée à des études de chaussées souples (Wheel-load-stress computations related to flexible pavement design). DOWELL (Ch.-M.); *Nation. Acad. Sci., Nation. Res. Council* (publ. 401), U. S. A. (1955), *Highw. Res. Board*, Bull. n° 114, p. 1-20, 24 fig. — Présentation d'une nouvelle méthode de calcul des contraintes sous une charge de roue. Discussion. — E. 47552. Trad. Serv. Docum. Ponts Chauss. n° 1219, 22 p. CDU 624.043 : 625.85 : 629.11.

47-109. Au sujet du calcul statique des ponts suspendus ancrés (Zur Statistik der verankerten Hängebrücken). HIBA (Z.); *Stahlbau*, All. (avr. 1957), n° 4, p. 113-115, 9 fig., 1 réf. bibl. — Exposé théorique avec exemple numérique. — E. 47401. CDU 624.04 : 624.5 : 624.078.

48-109. Sur le calcul des ponts en courbe à poutres latérales (Statyka mostu o przekroju otwartym w łuku). WILDE (P.); *Rozprawy Inż.*, Pol (1957), t. 5, n° 1, p. 15-32, 18 fig., 6 réf. bibl., (résumés russe, anglais). — E. 48231. CDU 624.04 : 624.7 : 624.072.2/4.

49-109. Calcul des systèmes hyperstatiques par le procédé de l'« articulation plastique » (Design of statically-indeterminate structures by the « Plastic-Hinge » method). GARTNER (R.); *Concr. Constr. Engng.*, G.-B. (mai 1957), vol. 52, n° 5, p. 161-174, 15 fig. — E. 47703. CDU 624.04 : 539.5 : 624.075.

50-109. Surfaces d'influence pour dalles en béton de longueur finie simplement appuyées sur deux bords opposés, et libres sur les deux autres (Influence fields for finite concrete slabs supported freely along two opposite edges and free at the other two). RAY (K. C.), SUBRAMONIAM (R.), BADARUDDIN (S.); *J. Indian Roads Congress*, Inde (mars 1957), vol. 21, n° 2, p. 265-281, 7 fig., 3 réf. bibl. — E. 47435. CDU 624.042/3 : 624.073 : 624.012.45.

51-109. Calcul par la méthode élastique, avec emploi d'abaques ou de tables, des éléments en béton précontraint sollicités à la flexion (Elastic design of prestressed sections in flexure by charts or tables). ZAWKILSKY (W. W.); *J. A. C. I.*, U. S. A. (avr. 1957), vol. 28, n° 10, p. 961-988, 10 fig. — Présentation d'une méthode permettant de déterminer directement la forme la plus économique de la section des poutres en béton précontraint. — E. 47635. CDU 624.04 : 624.072.2 : 624.012.46 : 518.

52-109. Calcul d'arcs métalliques élastiques par les diagrammes d'interaction (Design of flexible steel arches by interaction diagrams). MIKLOFSKY (H. A.), SOTILLO (O. J.); *J. Struct. Div.*, U. S. A. (mars 1957), n° ST2 : *Proc. A. S. C. E.*, vol. 83, Pap. n° 1190, 35 p., 18 fig., 7 réf. bibl. — Le diagramme d'interaction étudié donne la valeur des contraintes dans la fibre moyenne et de la déformation de la section de l'arc en fonction de ses dimensions. — E. 47084.

CDU 624.04 : 624.072.32 : 624.014.2.

Caf Essais et mesures.

53-109. Manuel des essais de matériaux t. III : Essais des matériaux non métalliques (Handbuch der Werkstoffprüfung. III : Die Prüfung nichtmetallischer Baustoffe). GRAF (O.) Edit. : *Springer-Verlag*, Abt. VI, All. (1957), 2^e édit., 1 vol., xxxi + 1026 p., 690 fig., nombr. réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 2253 au chapitre II « Bibliographie ». — E. 48468.

CDU 620.1 (03).

54-109. L'essai d'usure sur meule sablée (par F.A. B. E. M.). — *Bull. R. I. L. E. M.*, Fr. (1957), n° 34, p. 53-73, 11 fig. — E. 47836.

CDU 620.1.05 : 620.17/191.

55-109. Etude expérimentale du comportement d'un voile mince à double courbure (Studio sperimentale del comportamento di una volta sottile a doppia curvatura). LEVI (F.); *G. Gen. civ.*, Ital. (mars 1957), n° 3, p. 163-181, 17 fig., 4 réf. bibl. — Compte rendu des résultats d'une série d'essais effectués pour étudier le comportement d'un voile de translation sur plan rectangulaire de 30 × 20 m, réalisé en briques armées. Comparaison de ces résultats avec les calculs théoriques. — E. 48244.

CDU 69.001.5 : 624.074.4 : 693.25.

56-109. Essai à la rupture d'un auvent en béton armé d'acier profilé LU 3 (Prova a rottura di una pensilina in calcestruzzo armato con acciaio sagomato LU 3). CAIRONI (M.); *G. Gen. civ.*, Ital. (mars 1957), n° 3, p. 186-203, 23 fig., 20 réf. bibl. — Description de l'essai effectué à la suite d'un calcul fait selon la théorie élastoplastique. Confrontation des moments de rupture enregistrés expérimentalement avec ceux calculés selon les méthodes proposées par différents auteurs. — E. 48244.

CDU 69.001.5 : 69.022.38 : 624.042.

57-109. Essais de chargement du pont en béton précontraint sur la rivière Bhima à Takli pour la route Sholapur-Bijapur (Inde) (Load testing of the prestressed concrete bridge across Bhima river at Takli on Sholapur-Bijapur road). NATU (S. V.); *J. Ind. Roads Congress*, Inde (fév. 1957), vol. 21, n° 1, p. 25-48, 25 fig. — Description détaillée des essais effectués sur ce pont à poutres à sept travées de 46,5 m de portée. Précontrainte réalisée selon procédé Freyssinet. — E. 47473.

CDU 624.27.012.46 : 69.001.5.

58-109. Remarques au sujet de la méthode des essais d'éprouvettes cubiques. RÜSCH (H.); *Bull. R. I. L. E. M.*, Fr. (1957), n° 34, p. 75-83, 10 fig. — E. 47836

CDU 620.11 : 666.972.

59-109. Essais de rupture du béton par efforts de traction (Essai Brésilien); éprouvettes cylindriques pour essai du béton à haute résistance (Tensile splitting test and high strength concrete cylinders). THAULOW (S.); *J. A. C. I.*, U. S. A. (jan. 1957), vol. 28, n° 7, p. 699-706, 6 fig., 28 réf. bibl. — Description de la méthode d'essai mise au point au Japon par Akazawa et au Brésil par Carneiro; présentation d'une méthode norvégienne de préparation des éprouvettes cylindriques. — E. 46533.

CDU 620.17 : 666.972.

60-109. Une nouvelle méthode pour déduire les propriétés rhéologiques des bitumes asphaltiques. ORTEGA (J. J.); *Bull. R. I. L. E. M.*, Fr. (1957), n° 34, p. 35-52, 19 fig. — E. 47836.

CDU 620.1 : 691.16.

61-109. Méthode d'essais mécaniques des ciments (par la Commission RILEM-CEMBU-REAU). *Bull. R. I. L. E. M.*, Fr. (1957), n° 34, p. 1-9, 8 fig. — E. 47836.

CDU 620.1 : 666.94.

62-109. Expériences faites avec l'emploi d'extensomètres dans la construction en béton armé (Erfahrungen mit Dehnungsmessungen im Mass betonbau). KUHN (R.); *VDI*, All. (11 juin 1957), vol. 99, n° 17, p. 751-763, 62 fig., 2 réf. bibl. — E. 48206.

CDU 531.7 : 624.012.45.

63-109. Projet de recommandation pour l'interprétation des résultats d'essais de compression du béton coulé sur place (Proposed recommended practice for evaluation of compression test results of field concrete). CORDON (W. A.); *J. A. C. I.*, U. S. A. (déc. 1956), vol. 28, n° 6, p. 561-579, 12 fig. — Exposé des nombreuses variations qui se produisent dans la résistance du béton, présentation de méthodes statistiques qui sont d'une grande utilité pour expliquer ces variations. — Critères à employer dans l'établissement des normes. — E. 45966.

CDU 620.1 : 693.542/6 : 519.

Ce MÉCANIQUE DES FLUIDES. HYDRAULIQUE

64-109. Les pertes de charge. TIREL (J.); *Industr. therm.* Fr. (mai 1957), n° 5, p. 261-282, 17 fig., 32 réf. bibl. — Introduction à des études plus détaillées des pertes de charge pour les différents fluides utilisés en chauffage, ventilation et conditionnement d'air. Ecoulement dans un conduit lisse ou rugueux. Théorie de la rugosité. — E. 47804.

CDU 532 : 697.33.

65-109. Etude des canaux à profil en long horizontal et des courbes de remous. LABYÉ (Y.); *Minist. Agricult., Direct. gén. Génie rural Hydraul. agric.*, Centre Rech. expériment. Génie rural, Fr. (1957), *Et. Trav. Centre Rech. Expériment. Génie rural*, n° 33-3, 14 p., 7 fig. — E. 48328.

CDU 626.3 : 532.5 : 624.132 : 51.

Ci GÉOPHYSIQUE

Cib m Étude des sols.

66-109. Mécanique des sols appliquée aux travaux publics et au bâtiment. TERZAGHI (K.), PECK (R. B.), Edit. : *Dunod*, Fr. (1957), 1 vol., xx + 565, 446 fig., nombr. réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 2237 au chapitre II « Bibliographie ». — E. 48578.

CDU 624.13/15/16/18 (03).

67-109. Appareils d'essai pour l'étude des chaussées et pistes d'aéroports (Apparaten voor onderzoekingen ten behoeve van wegen en de rijen startbanen van vlieg velden). Lab. *Grondmechan.* (L. M. G.), Pays-Bas (avr. 1957), Mededel. n° 4, p. 159-175, 22 fig., 3 réf. bibl. (résumé anglais). — Il est fait de plus en plus appel aux recherches de la mécanique des sols pour le calcul et la réalisation de routes et de pistes répondant aux exigences modernes. Description de l'appareillage et des méthodes d'essais employés aux Pays-Bas. — E. 47540.

CDU 624.131.38 : 625.73 : 629.131.1.

68-109. Estimation de la résistance de pointe d'un pieu (An estimation of the point resistance of a pile); NISHIDA (Y.); *J. Soil Mech. Found. Div.*, U. S. A. (avr. 1957), n° SM2 : *Proc. A. S. C. E.*, vol. 83, Pap. 1206, 11 p., 4 fig., 16 réf. bibl. — Nouvelle méthode pour la détermination approchée de la charge portante d'un pieu de fondation par sa résistance de pointe dans un sol sans cohésion. — E. 47613.

CDU 624.131.5 : 624.155 : 624.046.

Cic Surface du globe. Hydrographie. Érosion.

69-109. Etude en laboratoire des effets de marées dues à l'action du vent sur les eaux peu profondes (Laboratory study of wind tides in shallow water). SIBUL (O. J.), JOHNSON (J. W.); *J. Waterw. Harbors Div.*, U. S. A. (avr. 1957), n° WW1 : *Proc. A. S. C. E.*, vol. 83, Pap. n° 1210, 32 p., 22 fig., 17 réf. bibl. — Etude théorique. Equipement de laboratoire et procédés expérimentaux. Résultats : étude des vagues et des effets de marée. — Influence de la nature du fond du bassin et de la végétation; détermination des tensions de cisaillement dans l'eau. — E. 47615.

CDU 627.52 : 69.001.5.

70-109. L'estimation de la fréquence des crues exceptionnelles (The estimation of the frequency of rare floods). WHISLER (B. A.), SMITH (Ch. J.); *J. Hydraul. Div.*, U. S. A. (avr. 1957), n° HY2 : *Proc. A. S. C. E.*, vol. 83, Pap. 1200, 10 p., 5 fig. — Méthode statistique d'estimation de la fréquence de celles des crues maxima annuelles qui atteignent une certaine amplitude, à l'aide des données fournies par l'enregistrement des crues maxima mensuelles. — E. 47618.

CDU 627.51 : 519.2.

Co CONDITIONS GÉNÉRALES. SITUATION GÉOGRAPHIQUE. CONGRÈS

Cod l Normalisation.

71-109. Dispositions techniques concernant la construction. Bâtiment. Travaux publics. Direction des travaux. Reconstruction. Partie G : Prescriptions générales pour le calcul et l'exécution (Technische Baubestimmungen. Hochbau. Tiefbau. Baulenkung. Wiederaufbau). Edit. : *R. Müller*, All. (1957), 4^e édition, 120 p., 165 fig. — Voir analyse détaillée B. 2256 au chapitre II. « Bibliographie ». — E. 48087 A.

CDU 624.012 : 69.022 : 389.6 (43).

Cod m Cahiers des charges. Contrats.

72-109. Recueil des textes officiels réglementant les révisions des prix et des marchés. — Edit. *Monit. Trav. publ. Bâtim.*, Fr. (12 juil. 1957), 1 vol., x + 156 + xviii p., fig. — Voir analyse détaillée B. 2242 au chapitre II. « Bibliographie ». — E. 48746.

CDU 69.003.12/23 : 624 : 35 (03).

73-109. Cahier des charges pour l'établissement des canalisations d'alimentation en eau et en gaz. LEVI (R.); *S. N. C. F.*, Fr. (déc. 1956), n° 680 B, 9 p. — Dispositions générales, fourniture du matériel, pose de canalisations extérieures, distributions intérieures d'eau, distributions intérieures de gaz. — E. 47895.

CDU 69.003.23 : 621.643.2 : 628.1 : 662.76.

D. — LES ARTS DE LA CONSTRUCTION

74-109. **Leçons de construction de bâtiment** (Baukonstruktionslehre). MITTAG (M.); Edit. : *C. Bertelsmann Verlag*, All. (fév., 1957) 8^e édition, 1 vol., 352 p., 9058 fig. — Voir analyse détaillée B. 2257 au chapitre II. « Bibliographie ». E. 48608. CDU 69 (03).

75-109. **Eléments de construction des bâtiments**. Vol. III. (Building elements). DAVIES (R. L.), PETTY (D. J.); Edit. : *Architectural Press*, G.-B. (1956), 1 vol., 384 p., 255 fig., 31 réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 2250 au chapitre II « Bibliographie ». E. 48903. CDU 69.02 : 699.81/8 (03).

Dab MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

Dab j Matériaux métalliques.

76-109. **La série européenne des poutres à ailes parallèles** (Die Europäische Parallelflanschträger-Reihe). WITT (H. P.); *Bauingenieur*, All. (avr. 1957), n° 4, p. 130-134, 8 fig. — Exposé des considérations qui ont amené les fabricants à la création de la nouvelle série; dimensions des nouveaux types, comparaison avec l'ancienne série. — E. 47392. CDU 672 : 624.071/2 : 389.6 (4).

77-109. **L'état actuel des techniques de protection des métaux contre la corrosion**. ORLOWSKI (P.); *Génie civ.*, Fr. (15 mai 1957), t. 134, n° 10, p. 227-231, 6 fig., 11 réf. bibl. — Le mécanisme de la corrosion. Les procédés de protection. — E. 47739. CDU 620.197 : 691.7.

78-109. **Choix d'un revêtement protecteur de l'acier contre la corrosion**. *Acier (OTUA)*, Fr. (mai 1957), 35 p., 10 fig. — Etude des conditions d'emploi pratiques et économiques des revêtements protecteurs. Préparation de la surface à peindre : nettoyage mécanique, nettoyage chimique, produits et traitements nouveaux au moyen desquels on concourt à la préparation de la surface et on obtient une protection partielle. Choix du procédé de préparation de la surface. Généralités sur les peintures, vernis. Choix entre les préparations de peinture ou de vernis. — E. 47959. CDU 620.197 : 624.014.2.

Dab le Liants. Chaux. Plâtre. Ciments.

79-109. **Les ciments de baryum et de strontium** (Barium- und Strontium-Zemente). BRANISKI (A.); *Zement-Kalk-Gips*, All. (mai 1957), n° 5, p. 176-184, 11 fig., 20 réf. bibl. (résumés anglais et français). — Nouvelles recherches sur ces ciments. Résultats d'essais sur certains d'entre eux, faisant ressortir soit leur résistance à l'eau de mer, soit leur résistance à la chaleur, soit leur résistance aux rayons X et aux rayons gamma. — E. 47733. CDU 666.94.

Dab lem r Briques. Tuiles. Poteries.

80-109. **Briques de maçonnerie. Briques pleines et briques perforées** (Mauerziegel. Vollziegel und Lochziegel). *Ziegelindustrie*, All. (2 mai 1957), n° 10, p. 323-332, 25 fig. — Texte de la norme allemande DIN 105 de mars 1957. — Dispositions concernant les dimensions, la densité, la résistance à la com-

pression, la résistance au gel. Procédés de contrôle. — E. 47758. CDU 691.421 : 389.6 (43).

81-109. **L'évolution de la brique en terre cuite**. I. Principes généraux. II. Briques et maçonneries de briques en Suisse (The development of the fired-earth brick. I. Leading principles. II. Bricks and brickwork in Switzerland). BUTTERWORTH (B.), FOSTER (D.); *Brit. Ceram. Soc.*, G.-B., 49 p., 24 fig., 40 réf. bibl. (Réimpr. du : *Trans. Brit. Ceram. Soc.*, juil. 1956, vol. 55, n° 7, p. 457-505). — Considérations générales sur le développement de l'emploi de briques perforées hors de Grande-Bretagne et dans ce pays. Compte rendu de visites de briqueteries et chantiers de construction suisses. Discussion. — E. 48191. CDU 693.2 (100).

Dab mo Matières plastiques.

82-109. **Matières plastiques. Tome I**. II. JOUSSET (J.); Edit. : *Dunod*, Fr. (1955), 2 vol., t. I — xxiii + 239 + ixiv p., nombr. fig. — II — xvii + 350 + lxiv p., fig. — Voir analyse détaillée B. 2238 au chapitre II « Bibliographie ». — E. 47994, 49676. CDU 691.175 (03).

Dac PEINTURES. PIGMENTS. VERNIS. PRODUITS ANNEXES

83-109. **Guide pour la peinture sur béton** (pour les peintures autres que la peinture à base de ciment Portland) (Guide for painting concrete — for paints other than Portland cement paint —). BURNETT (G. E.); *J. A. C. I.*, U. S. A. (mars 1957), vol. 28, n° 9, p. 817-832, 1 fig., 20 réf. bibl. — Etude de divers types de peintures appliquées habituellement sur le béton. Préparation des surfaces, choix de la peinture, mode d'application, travaux de réfection. Caractéristiques des peintures étanches à la condensation et à l'eau. Spécifications américaines concernant les peintures sur béton. — E. 47104. CDU 667.6 : 666.972.

Dad PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES MATÉRIAUX

84-109. **Etudes sur les dimensions des pores** (dans les briques). I. Appareillage et résultats préliminaires (Studies of pore size distribution. I. Apparatus and preliminary results). WATSON (A.), MAY (J.O.), BUTTERWORTH (B.); *Brit. Ceram. Soc.*, G.-B., 16 p., 7 fig., 29 réf. bibl. (Réimpr. du : *Trans. Brit. Ceram. Soc.*, fév. 1957, vol. 56, n° 2, p. 37-52). — Description d'un appareil à pression de mercure pour la mesure des dimensions des pores dans les briques. Résultats des premiers essais. Application de ces études aux problèmes de résistance au gel et d'efflorescences. — E. 48192. CDU 691.421 : 539 : 620.1.05.

Daf SÉCURITÉ DES CONSTRUCTIONS

Daf j Essais et mesures.

85-109. **Mesures photogrammétriques des déformations des constructions** (Photogrammetric measurements of deformations of structures). MOSER (C.), SCHRIEVER (W. R.);

Nation. Res. Council, Canada (jan. 1957), NRC n° 3750, 20 p., 14 fig., 2 réf. bibl. (résumé français). — Texte d'une communication présentée au Colloque du RILEM sur l'observation des constructions, qui s'est tenu à Lisbonne en octobre 1955. — Description de la méthode « à une caméra » et de celle « à deux caméras ». La méthode à une caméra suffit pour la mesure des déformations dans un plan, et celle à deux caméras s'impose pour la mesure des déformations dans trois dimensions. Avantages et inconvénients des méthodes photogrammétriques. Exemples d'applications. — E. 47667. CDU 624.044 : 535.24.

86-109. **Appareil de mesure avec émission de neutrons pour déterminer la teneur en eau du béton** (Neutron moisture meter for concrete). PAWLIW (J.), SPINKS (J. W. T.); *Canad. J. Technol.*, Canad. (mars 1957), vol. 34, n° 8, p. 503-513, 13 fig., 18 réf. bibl. — Description d'un appareil portatif permettant de mesurer rapidement la teneur en eau d'un élément en béton. — E. 47002. CDU 620.1.05 : 693.542.

87-109. **Discussion sur l'essai ultrasonique du béton** (Discussion on the ultrasonic testing of concrete). JONES (R); *Struct. Engrg.*, G.-B. (mai 1957), vol. 35, n° 5, p. 190-206, 14 fig., 14 réf. bibl. — Compte rendu d'une réunion organisée à l'Institute of Structural Engineers, à Londres le 27 octobre 1955. — E. 47475. CDU 620.1 : 666.972 : 534.

Daf l Corrosion.

88-109. **Résultats d'essais de corrosion atmosphérique effectués en Italie sur l'aluminium et ses alliages**. HUGONY (E.), LUFT (G.); *Rev. Alumin.*, Fr. (avr. 1957), n° 242, p. 379-393, 31 fig., 11 réf. bibl. — Exposé d'essais effectués par l'Institut Expérimental pour les Métaux légers dans ses stations spéciales d'exposition en atmosphère industrielle, urbaine ferroviaire et marine. — E. 47764. CDU 620.193 : 691.771.

89-109. **Protection des canalisations d'égouts en béton** (Concrete sewer protection). PARDEE (L. A.), STUDLEY (E. G.); *Water-Sewage Works*, U. S. A. (avr. 1957), vol. 104, n° 4, p. 145-149, 5 fig. — Méthodes employées par la ville de Los Angeles pour protéger les canalisations en béton contre les attaques des gaz d'hydrogène sulfuré. — E. 47517. CDU 620.197 : 628.2 : 666.972.

Daf m Stabilité des constructions.

90-109. **Abaques pour la contrainte de déversement « réduite »** (Diagramme für « abgeminderte » Kippspannung). HEIMHUBER (A.); *Stahlbau*, All. (mai 1957), n° 5, p. 139-140, 6 fig., 2 réf. bibl. — Procédé simplifié permettant de déterminer le coefficient de sécurité au renversement défini par la norme DIN 4114 pour les profilés I et IP, en fonction de la longueur et de la contrainte de flexion. — E. 47757. CDU 624.04 : 672 : 624.075.3 : 518.

Deb INFRASTRUCTURE ET MAÇONNERIE

91-109. **La pratique américaine dans la construction et les travaux publics**. Vol. III (American civil engineering practice). ABBETT (R. W.); Edit. : *John Wiley and Sons Inc.*,

U. S. A. (24 juin 1957), 1 vol., xiii + 1263 + xvi p., nomb. fig. — Voir analyse détaillée B. 2247 au chapitre II « Bibliographie ». — E. 48525. CDU 624.01 (73) (03).

Deb ja Consolidation du sol.

Assèchement. Drainage. Travaux hydrologiques.

92-109. La stabilisation des sols au ciment. PELTIER (R.); *Rev. gén. Routes Aérod.*, Fr. (mai 1957), n° 304, p. 37-44, 47-54, 57-60, 18 fig., 15 réf. bibl. — Exposé d'ensemble sur les procédés utilisés à l'étranger et examen des possibilités de leur emploi en France. — E. 47734. CDU 624.138 : 666.94.

93-109. Compactage des barrages en terre au moyen de rouleaux à pied de mouton (Compacting earth dams with heavy tamping rollers). HILF (J. W.); *J. Soil Mech. Found. Div.*, U. S. A. (avr. 1957), n° SM2 : *Proc. A. S. C. E.*, vol. 83, Pap. 1205, 28 p., 13 fig., 26 réf. bibl. — Résultats obtenus sur trente-neuf barrages, comparés aux résultats d'essais de laboratoire. — Méthode statistique pour le tracé des courbes de compactage à partir d'essais de contrôle pendant la construction. Résultats d'application de cette méthode pour trois barrages caractéristiques. E. 47613. CDU 624.138 : 627.8 : 691.4.

94-109. Nouvelles études sur l'imperméabilisation des sols alcalins au moyen de tourteaux de lin (Further studies on water-proofing of alkaline soils by linseed oil cake). SEN (B. R.); MANOHAR LAL, DHAWAN (B. L.); *J. Ind. Roads Congress*, Ind. (avr. 1957), vol. 21, n° 3, p. 417-432, 12 fig., 5 réf. bibl. — Etude faite à l'Institut de Recherches routières de Lucknow (Inde). Description des essais. Résultats. — E. 47842. CDU 624.138 : 668.

95-109. Expériences pratiques d'injection de produits chimiques dans le sol (Field experiences with chemical grouting). POLIVKA (M.), WITTE (L. P.), GNAEDINGER (J. P.); *J. Soil Mech. Found. Div.*, U. S. A. (avr. 1957), n° SM2 : *Proc. A. S. C. E.*, vol. 83, Pap. 1204, 31 p., 15 fig., 7 réf. bibl. — Plusieurs exemples d'injection de produits chimiques, soit pour améliorer la stabilité des sols sableux, soit pour étancher des couches poreuses et empêcher le mouvement de l'eau. — E. 47613. CDU 624.138 : 661 : 69.001.5.

96-109. Contrôle de la perméabilité des parties traitées par injection dans des sols meubles lors des travaux de construction (Die Prüfung der Durchlässigkeit von Lockergesteinsinjektionen im Bauzustand). KÖRNER (H.); *Wasserwirtschaft*, All. (mai 1957), n° 8, p. 199-204, 8 fig., 8 réf. bibl. — Etude de l'étanchement de sols meubles par des injections de pâte d'argile lors de la réalisation de barrages en terre et d'ouvrages hydrauliques. — E. 47713. CDU 624.138 : 699.82 : 626/7.

Debje Terrassements. Percements.

97-109. Des méthodes nouvelles et hardies permettent de réaliser en un temps record le percement d'une galerie de grande longueur (Bold management's new methods drive long tunnel at record pace). SMITH (A. C.); *Constr. Methods*, U. S. A. (mai 1957), vol. 39, n° 5, p. 182, 185, 188-190, 196-198, 202, 25 fig. — Etude de l'organisation du chantier de percement de la galerie du West Delaware destinée à améliorer l'approvisionnement en eau de la ville de New-York. — E. 47863. CDU 624.192 : 628.14.

98-109. Le tir à la mine et les vibrations qu'il entraîne (Blasting and associated vibrations). TEICHMANN (G. A.), WESTWATER (R.); *Engineering*, G.-B. (12 avr. 1957), vol. 183, n° 4753,

p. 460-465, 14 fig., 8 réf. bibl. — Étude générale sur les caractéristiques des vibrations provoquées par des travaux d'abattage à la mine. — E. 47170. CDU 534 : 662 : 622.

Deb ji Fondations.

99-109. Les constructeurs du nouveau pont dans la baie de San Francisco ont un système ingénieux pour le fonçage des caissons en eau profonde (Builders of new San Francisco bay bridge have a slick system for sinking caissons in deep water). *Constr. Methods*, U. S. A. (avr. 1957), vol. 39, n° 4, p. 163-165, 168, 170-171, 174-175, 178, 19 fig. — Description des travaux de fondation du pont de Carquinez. — E. 47371. CDU 624.157.5 : 624.21.022.

100-109. Fonçage par jet hydraulique des caissons du pont de Carquinez (Hydraulic jets sink Carquinez caissons). *Engng News-Rec.*, U. S. A. (18 avr. 1957), vol. 158, n° 16, p. 38-40, 42, 44, 7 fig. — E. 47955. CDU 624.157.3 : 624.21.

101-109. Les rideaux ondulés de palplanches (Die Wellenspundwand). DOMKE (H.); *Bauingenieur*, All. (avr. 1957), n° 4, p. 117-119, 15 fig. — Emploi de palplanches ondulées pour la consolidation de la rive du Rhin sur laquelle se trouve l'usine de cuivre de Duisbourg (Üfersicherung durch Wellenspundwand am Rheinufer der Duisburger Kupferhütte). FALCKE (F. K.); p. 120-122, 6 fig. — Essais de chargement des palplanches ondulées de l'usine de cuivre de Duisbourg (Belastungsversuche an der Wellenspundwand der Duisburger Kupferhütte). ZWICK (H.); p. 123-125, 6 fig. — Présentation d'un type de rideau ondulé de palplanches métalliques de conception allemande. — E. 47392. CDU 624.157.4 : 624.074.7 : 691.714.

102-109. Les affaissements miniers (Mining subsidence). PEATE (T. S.); *J. Instn municip. Engrs*, G.-B. (avr. 1957), vol. 83, n° 10, p. 341-348, 8 fig. — Nature des affaissements, leurs effets sur les ouvrages d'art et les bâtiments. Etude des moyens permettant de réduire ces effets. — E. 47030. CDU 624.131.542 : 622.

103-109. Emploi d'un pieu de type nouveau pour la construction d'un pont à Boston (New pile appears on Boston waterfront). *Constr. Methods*, U. S. A. (mai 1957), vol. 39, n° 5, p. 218-219, 221-222, 224, 227, 16 fig. — Reconstruction des travées d'accès d'un pont avec emploi de pieux métalliques dont la pointe est entourée d'un manchon en béton armé de 2,4 m de longueur. — E. 47863. CDU 624.166 : 624.155 : 624.016.

Deb li Bétons.

104-109. Etudes sur la composition du béton. TASIOS (Th.); *Béton armé*, Fr. (fév. 1957), n° 2, p. 52-61, 13 fig., (Trad. du grec selon « Technika Xponika », juil.-août 1956). — E. 46800. CDU 666.972 : 693.542.

105-109. Influence de la surface spécifique des agrégats sur la consistance du béton (Effets of the specific surface of aggregates on consistency of concrete). SINGH (B. G.); *J. A. C. I.*, U. S. A. (avr. 1957), vol. 28, n° 10, p. 989-997, 7 fig., 7 réf. bibl. — Compte rendu d'essais dont les résultats ont montré que la surface spécifique des agrégats a une grande influence sur la consistance du béton. — E. 47635. CDU 691.322 : 666.972 : 620.1.

106-109. Résistance au gel du béton jeune. POWERS (T. C.); *Cah. Rech. théorique expériment. Matér. Struct., Ass. fr. Rech. Essais Matér. Constr.*, Fr. (avr.-mai-juin 1957), 47 p., 1 fig., 5 fig. h.-t., 32 réf. bibl. (en vente : *Docum. Tech.*, 6, rue Paul Valéry, Paris, 16°) — Texte de la traduction d'anglais en français

d'une conférence prononcée au Colloque R. I. L. E. M. « Bétonnage en hiver » tenu à Copenhague en février 1956. Description des essais effectués pour déterminer l'effet du gel sur le béton et interprétation des résultats. — E. 48046. CDU 69.03 « 324 » : 693.5.

107-109. Quelques facteurs influençant le retrait des revêtements routiers en béton (Some factors influencing shrinkage of concrete pavements). HVEEM (G. N.), TREMPER (B.); *J. A. C. I.*, U. S. A. (fév. 1957), vol. 28, n° 8, p. 781-789, 8 fig., 4 réf. bibl. — Le ciment Portland et les agrégats jouent un rôle dans le retrait. — Jusqu'à présent le rôle de l'argile dans les agrégats n'a pas été pris en considération. — La California Division of Highways a mis au point une méthode simple d'essai en campagne pour évaluer à la fois la quantité et l'activité de l'argile contenue dans les agrégats. — Présentation de données montrant une corrélation étroite entre les résultats d'essai et le retrait par séchage du mortier et du béton. — E. 46576. CDU 666.972.015.46 : 625.84 : 691.4.

108-109. Essais d'un nouveau procédé pour l'évaluation des changements de volume des agglomérés de béton (Tests of a new method for evaluating volume changes of concrete masonry units). FERGUSON (M. W.), KALOUSEK (G. L.), SMITH (C. W.); *J. A. C. I.*, U. S. A. (avr. 1957), vol. 28, n° 10, p. 947-959, 7 fig., 6 réf. bibl. — Exposé d'une nouvelle méthode permettant de déterminer rapidement le retrait des agglomérés sous l'influence du séchage. — E. 47635. CDU 666.972.015.46 : 691.3.

109-109. Etude du retrait dans les ossatures en béton (Study of shrinkage in concrete frames). KLOCK (M. B.), SHERIDAN (R. R.); *J. A. C. I.*, U. S. A. (fév. 1957), vol. 28, n° 8, p. 791-796, 3 fig. — Pendant l'étude du projet de construction d'un bâtiment à la Kodak Park Works en 1939, on examina de façon approfondie la question de savoir si l'ossature devrait être construite en deux sections avec un joint de contraction. — La longueur totale devait atteindre 80,7 m. — Il fut décidé de construire le bâtiment en un seul bloc et d'entreprendre une étude du retrait de l'ossature. — Des extensomètres électriques Carlson furent enfouis dans le béton en plusieurs points dans quatre dalles, horizontalement et verticalement. — On a ainsi obtenu des données couvrant une période de seize années. — E. 46576. CDU 693.5.012.43 : 693.95 : 624.044.

110-109. Le retrait plastique (Plastic shrinkage). LERCH (W.); *J. A. C. I.*, U. S. A. (fév. 1957), vol. 28, n° 8, p. 797-802, 1 fig. — Le retrait plastique et les fissures qui en résultent se produisent parfois à la surface exposée du béton frais. — Ce retrait et ces fissures sont dus à l'évaporation rapide de l'eau à la surface du béton. — Etude des conditions qui déterminent le taux d'évaporation. Recommandations pratiques. — E. 46576. CDU 666.972.015.46 : 693.54.

111-109. Détermination des déformations par fluage du béton sous des contraintes de compression de longue durée (Determination of creep strain of concrete under sustained compressive stress). SEAMAN (F. E.); *J. A. C. I.*, U. S. A. (fév. 1957), vol. 28, n° 8, p. 803-810, 9 fig., 3 réf. bibl. — Étude des nombreux problèmes soulevés par la mesure des déformations par fluage, qui diffèrent des déformations élastiques et des changements de volume ayant une autre origine. — Description de l'appareillage et des procédés mis au point pour évaluer les facteurs causant les déformations. — E. 46576. CDU 666.972.015.46 : 531.7.

112-109. Coffrages et échafaudages. Technique moderne du coffrage (Schalung und Rüstung. Moderne Schaltechnik). BÖHM (F.), LABUTIN (N.); Edit. : *Wilhelm Ernst und*

Sohn, All. (1957), 4^e éditn, 1 vol., vii + 241 p., 251 fig. — Voir analyse détaillée B. 2252 au chapitre II « Bibliographie ». — E. 48577.
CDU 69.057.5/6 (03).

113-109. **La construction des piles du pont de Mackinac** (Mackinac bridge pier construction). DAVIS (R. E. Jr), HALTENHOFF (C. E.); J. A. C. I., U. S. A. (déc. 1956), vol. 28, n° 6, p. 581-595, 16 fig. — Emploi du procédé « Prepackt ». — Les gros agrégats ont été déversés directement dans les batardeaux ou dans les caissons par des bateaux à déchargement automatique. — Les vides entre les gros agrégats ont été comblés par un coulis de mortier contenant une forte proportion de sable, et extrait par pompage d'une installation de malaxage flottante. — E. 45966.
CDU 693.546.3 : 624.166 : 624.5.

114-109. **Le béton projeté et la construction des galeries** (Spritzbeton im Stollenbau). SONDEREGGER (A.); *Schweiz. Bauztg.*, Suisse (7 avr. 1956), n° 14, p. 210-212, 4 fig. — Étude de la technique de l'emploi du béton projeté pour la consolidation du rocher au cours de l'avancement, ses avantages. Exécution du revêtement définitif de la galerie au moyen de béton projeté. — E. 46721. — Trad. E. D. F. n° 2165, 4 p.
CDU 693.546.3 : 624.19.

115-109. **Le compactage du béton par vibration**. (Compaction of concrete by vibration). PLOWMAN (J. M.); *Engineer*, G.-B. (31 mai 1957), vol. 203, n° 5288, p. 830-832, 12 fig. — (I : paru dans notre DT. 74 de mai 1954, art. n° 110). — E. 48013.
CDU 693.546.4.

116-109. **Le durcissement à la vapeur du béton** (Dampfhärtung von Beton). SCHÄFFLER (H.); *Betonst. Ztg.*, All. (mai 1957), n° 5, p. 305-313, 15 fig., 20 réf. bibl., (résumés anglais, français). — Étude du traitement à la vapeur qui accélère le durcissement du béton. Avantages du traitement du point de vue technique et économique. — E. 47889.
CDU 693.547 : 621.4.

117-109. **Béton de cendres volantes pour la centrale atomique de Shippingport** (Fly ash concrete for Shippingport atomic power station). McALLISTER (R. J.); *J. Power Div.*, U. S. A. (avr. 1957), n° PO2 : *Proc. A. S. C. E.*, vol. 83, Pap. 1215, 14 p., 8 fig. — Problèmes de fabrication. — Choix du ciment et du dosage en vue d'obtenir une résistance à l'écrasement de 241 kg/cm² à 28 jours. — E. 47616.
CDU 666.972.5 : 691.322 : 539.4.

118-109. **Emploi du béton réfractaire dans la construction** (Structural refractory concrete). PROTZE (H. G.); *J. A. C. I.*, U. S. A. (mars 1957), vol. 28, n° 9, p. 871-887, 10 fig., 6 réf. bibl. — Problèmes posés par la construction d'installations expérimentales servant aux essais de moteurs à réaction. — En raison des températures élevées atteintes par les parois des cheminées d'évacuation des gaz, il est nécessaire d'utiliser un béton réfractaire spécial. — Intérêt de l'emploi de ciments fondus. Mise en œuvre du béton. — E. 47104.
CDU 666.972.5 : 699.81.

119-109. **Le béton pour la protection contre les radiations** (Beton für Strahlungsschutz). JAEGER (Th.); *Bauplan.-Bautech.*, All. (juin 1956), n° 6, p. 221-233, 257, 22 fig., 78 réf. bibl. — (Trad. d'un art. analysé dans notre DT. 100 de déc. 1956, art. n° 169). — E. 46983.
Trad. C. S. T. B. n° 54, 49 p.
CDU 666.972.5 : 699.88 : 539.4.

120-109. **Proposition de révision des règles sur les revêtements et sous-couches en béton** (Proposed revision of specifications for concrete pavements and concrete bases). CLEMMER (H. F.); *J. A. C. I.*, U. S. A. (avr. 1957), vol. 28, n° 10, p. 917-945, 1 fig. — Étude des règles concernant la construction de revêtements ou de sous-couches en béton de ciment Portland pour routes ou pistes d'aérodromes. — Caractéristiques exigées des matériaux, méthodes

d'essai, préparation des fondations, coffrages, joints, armatures. Propriétés du béton et dosage des matériaux. Traitement après prise et protection du béton, bétonnage par temps froid. — E. 47635.
CDU 625.7/8 : 693.5 : 35.

Deb lu Bétons bitumineux, enrobés.

121-109. **Bétons goudronneux. III.** HUB-RECHT (L.); *Centre Rech. rout.*, Belg. (28 déc. 1956), 39 p., 25 fig., 5 réf. bibl. — Compte rendu de recherches, essais et mesures de déformation. Nouvelle étude de l'influence exercée par divers facteurs : teneur en agrégats, caractéristiques des sables, viscosité du goudron, relation épaisseur du revêtement-calibre des agrégats, action des carburants. — Présentation d'une méthode graphique pour l'établissement de la composition des bétons de goudron. Étude de l'influence de la forme des grenailles sur le comportement mécanique des bétons. Résultats comparés du fractionnement par solvants d'une série de goudrons visqueux. — E. 48071.
CDU 625.75 : 691.16 : 620.1.

122-109. **Les injections de bitume et la remise en état des chaussées.** — *Bitume -Actualités*, Fr. (avr. 1957), n° 4, p. 4-8, 10 fig. — Description de la technique utilisée aux U. S. A. en ce qui concerne les injections sous les dalles de béton de ciment. Exposé des travaux réalisés en France au cours des dernières années sur routes et pistes d'aviation. Étude des revêtements en surface. — E. 47699.
CDU 625.84 : 69.059.25 : 691.16 : 621.65.

Deb m Maçonnerie.

123-109. **Le contrôle de la construction en briques et en maçonnerie** (The control of brick and masonry construction). ALDWINKLE (H. H.); *Trans. S. Afr. Instn. civ. Engrs.*, Afr. S. (avr. 1957), vol. n° 4, p. 153-165, 8 fig., 5 réf. bibl. — Étude des règles en vigueur, facteurs affectant la résistance, détermination des contraintes. — E. 47665.
CDU 624.012.1/2.

Deb mo Enduits, Revêtements, Petits ouvrages.

124-109. **Guide pratique pour l'emploi du contreplaqué « extérieur ».** — Edit. : *Centre tech. Bois*, Fr. (1957), 1 vol., 24 p., 20 fig. — Voir analyse détaillée B. 2244 au chapitre II « Bibliographie ». — E. 48215.
CDU 674.24 : 699.83 (02).

Deb na Béton fretté.

125-109. **Mise en œuvre de frettes pour renforcer les poutres des portiques d'entrepôts construits pour l'Armée de l'Air américaine** (Application of steel strap reinforcement to girders of rigid frames, special AMC warehouses); *J. A. C. I.*, U. S. A. (jan. 1957), vol. 28, n° 7, p. 669-678, 10 fig. — Compte rendu d'essais démontrant l'efficacité des frettes en feuillards. — E. 46533.
CDU 69.059.32 : 624.072.2 : 624.012.45.

Deb ne Béton armé.

126-109. **La construction en béton armé. III : Exemples d'études d'ouvrages pour la réalisation de bâtiments et de constructions industrielles** (Der Stahlbetonbau. III : Entwurfsbeispiele im Hoch und Industriebau). KERTEN (C.), KUHNERT (H.); Edit. : *Wilhelm Ernst*

und Sohn, All. (1957), 10^e éditn, 1 vol., viii + 279 p., 492 fig. — Voir analyse détaillée B. 2251 au chapitre II « Bibliographie ». — E. 48737.
CDU 624.012.45 : 721 : 725.4 (03).

127-109. **Résistance au cisaillement des éléments en béton armé sans armatures de cisaillement** (Shear strength of reinforced concrete frame members without web reinforcement). MORROW (J. D.), VIEST (I. M.); *J. A. C. I.*, U. S. A. (mars 1957), vol. 28, n° 9, p. 833-869, 27 fig., 15 réf. bibl. — Compte rendu d'essais effectués à l'Université d'Illinois sur soixante-et-onze spécimens à section rectangulaire. Trente-trois de ces éléments étaient coudés à 90°, trente-huit étaient des poutres avec ergot pour l'application de charges en travée. Les recherches ont montré de quelle façon se développe la résistance à l'effort tranchant d'éléments dépourvus d'armatures de cisaillement, par l'examen de fissures dites de traction diagonales, et de fissures dites de compression au cisaillement. — Présentation d'un mode de détermination des charges de fissuration correspondant à ces deux sortes de contraintes. — E. 47104.
CDU 539.4 : 691.328 : 624.043 : 69.001.5.

Deb ni Béton précontraint.

128-109. **Quelques aspects de la résistance à la rupture en flexion des poutres continues précontraintes.** MULLER (J.); *Travaux*, Fr. (juin 1957), n° 272, p. 315-331, 22 fig., 7 réf. bibl. — Rappel de quelques notions fondamentales sur le comportement des constructions continues précontraintes, détermination du moment de rupture d'une section précontrainte soumise à la flexion simple. Calcul à la rupture des poutres continues précontraintes. Résultats de quelques essais. Limites de validité de l'hypothèse des articulations plastiques. — E. 48084.
CDU 539.4 : 624.072.2 : 624.075 : 624.012.46.

129-109. **Sur le calcul de la précontrainte des voiles cylindriques circulaires constituant les parois des réservoirs en béton précontraint** (Zur Berechnung der Vorspannung geschlossener Kreiszylinderschalen im Stahlbeton-Behälterbau). BUYER (K.); *Beton-Stahlbetonbau*, All. (mai 1957), n° 5, p. 104-111, 19 fig., 4 réf. bibl. — E. 47759.
CDU 624.012.46 : 628.13 : 693.564.4.

130-109. **Caractéristiques de résistance à la torsion du béton précontraint** (Torsional properties of prestressed concrete). HUMPHREYS (R.); *Struct. Engr.* G.-B. (juin 1957), vol. 35, n° 6, p. 213-224, 26 fig., 21 réf. bibl. — Étude des procédés permettant d'augmenter la résistance à la torsion. — Résultats d'essais. — E. 48026.
CDU 539.4 : 624.012.46 : 624.075.3.

Dec CHARPENTE, MENUISERIE SERRURERIE, STRUCTURES

Dec j Travail du bois, Charpente, Menuiserie.

131-109. **Zervreila : un remarquable chantier de construction d'un barrage d'accumulation dans les Grisons. Boisages dans la réalisation d'une audacieuse entreprise.** — *J. Constr. Suisse romande*, Suisse (mai 1957), n° 9, p. 595-600, 18 fig. — Tiré du : *Zimmermeister*, (Suisse). — Description des importantes installations de chantier réalisées en bois, et des coffrages du barrage (voûte de 150 m de hauteur, d'une longueur de couronnement de 504 m, d'une épaisseur de 35 m à la base et 7 m au sommet), des galeries et de l'évacuateur de crues à pavillon d'entrée en forme d'œuf. — E. 47732.
CDU 694.1 : 69.05 : 627.8.

Dec l Travail des métaux,

Charpente, Soudure, Menuiserie,
Construction mixte.

132-109. Soudure des plastiques. Tome I. Généralités. HAIM (G.), ZADE (H. P.); Edit.: Dunod, Fr. (1950), 1 vol., viii + 200 p., 115 fig., 281 réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 2236 au chapitre II « Bibliographie ». — E. 48271. CDU 621.791 : 691.175 (03).

133-109. Études sur l'endurance des assemblages soudés en acier St 37 (Untersuchungen der Dauerfestigkeit von Schweissverbindungen mit St 37). WINTERGERST (S.), RÜCKERL (E.); Stahlbau, All. (mai 1957), n° 5, p. 121-124, 14 fig., 5 réf. bibl. — Compte rendu d'essais exécutés au Laboratoire de l'École Polytechnique de Munich, en vue de préparer une nouvelle rédaction des règlements relatifs aux contraintes admissibles dans les assemblages soudés. — E. 47757. CDU 620.17 : 624.078.3 : 624.046.

134-109. Quelques notes sur l'emploi de boulons à haute résistance au Royaume Uni (Some notes on the use of high preload bolts in the United Kingdom). EASTON (F. M.), LEWIS (E. M.), WRIGHT (D. T.); Struct. Engr., G.-B. (mai 1957), vol. 35, n° 5, p. 167-175, 17 fig., 14 réf. bibl. — Recherches effectuées aux U. S. A. — Constatations faites en Grande-Bretagne sur l'emploi de plus en plus généralisé des boulons à haute résistance, difficultés rencontrées et suggestions en vue d'améliorations à apporter. — E. 47475. CDU 621.882 : 539.4.

135-109. Contribution de la charpente métallique à la construction des ouvrages de barrage de Jochenstein. EGLOFFSTEIN (B. von); Oesterr. Wasservirtsch. Antr. (mai-juin 1956), n° 5-6, p. 187-197, 12 fig. — Caractéristiques de l'ossature métallique de l'usine. Portiques du pont roulant et des câbles, passerelle du barrage, ouvrages hydrauliques en acier. Étude du barrage et de ses éléments, fermetures des écluses. — E. 47591. — Trad. E. D. F. n° 444, 28 p. CDU 624.014.2 : 627.84/88.

136-109. Le tube d'acier dans la construction métallique. BENOIST (J.); Acier, Fr. (avr. 1957), n° 4, p. 161-172, 16 fig. — Exposé détaillé sur l'intérêt de la construction tubulaire tant du point de vue technique qu'en ce qui concerne le prix de revient. Exécution de la construction tubulaire : projet, assemblages. — E. 47303. CDU 624.014.27 : 69.003.

Ded TRAVAUX D'ACHEVEMENT

Ded j Couverture.

137-109. Couvertures économiques en bois, acier et en béton armé pour immeubles d'habitation (Wirtschaftliche Dachkonstruktionen aus Holz, Stahl und Stahlbeton für den Wohnhausbau). BRAUN (G.); V. D. I., All. (21 juin 1957), vol. 99, n° 18, p. 783-789, 79 fig., 7 réf. bibl. — Caractéristiques de mise en œuvre et de durabilité. — E. 48345. CDU 69.024.15 : 691.11/714/328 : 69.003.

Ded I Etanchéité

des constructions. Joints étanches.

138-109. Quelques exemples de réalisation d'étanchéité en construction avec emploi de plaques moulées en bitume, soudées au courant à haute fréquence (Ueber einige Beispiele von Bauwerksdichtungen unter Anwendung von Bitumenformteilen und Hochfrequenz). HEGEMANN (B.), SCHRECK (C.); Bauingenieur, All. (fév. 1957), n° 2, p. 48-52, 7 fig., 4 réf. bibl. —

Essais et mise en œuvre du procédé. — E. 46462. CDU 699.82 : 691.16 : 621.36.

139-109. La chaleur ne s'oppose plus à la construction du tunnel Tecolote (Heat being conquered at Tecolote tunnel). Engng News-Rec., U. S. A. (17 juin 1954), n° 24, p. 45-48, — Exposé des difficultés rencontrées lors du percement de ce tunnel par suite des venues d'eau importantes atteignant au front de taille une température de 45° C. — Étude des dispositions adoptées. — E. 47767. — Trad. E. D. F. n° 961-E, 5 p. CDU 624.193 : 624.131.6 : 536.

140-109. Mis en face d'un problème épineux de venue d'eau lorsqu'au cours du percement d'une galerie d'adduction d'eau de 70 km, il se heurte au premier obstacle, l'entrepreneur bouche, injecte et poursuit le travail (44-mile water tunnel hits first snag). Engng News-Rec., U. S. A. (27 sep. 1956), vol. 157, n° 13, p. 30-32, 4 fig., (Trad. d'un art. analysé dans notre DT. 103 de mars-avril 1957, art. n° 88). — E. 47593. — Trad. E. D. F. n° 2364, 6 p. CDU 693.546.3 : 624.19 : 699.82.

Ded ma Travaux de peinture.

141-109. La peinture en bâtiment. Prescriptions techniques. — Inform. Bâtim., Fr. (mai 1957), 1 vol., 148 p., fig. — (Présenté par le Centre d'Inform. et de Docum. Bâtim.) — Voir analyse détaillée B. 2245 au chapitre II « Bibliographie ». — E. 48287. CDU 667.6 : 691.57 : 698 (03).

Def PRÉFABRICATION

142-109. La préfabrication. NOUAILLE (R.); Edit.: Eyrolles, Fr. (1957), 1 vol., 231 p., 84 fig. — Voir analyse détaillée B. 2239 au chapitre II « Bibliographie ». — E. 47912. CDU 69.002.2 : 721 (03).

143-109. Les contraintes dans les joints des poteaux réalisés en éléments préfabriqués de béton. — II. Poteaux à section à double symétrie avec moment fléchissant M dans un plan de symétrie (Die Beanspruchungen im Stoss von Fertigbetonstützen. — Teil II : Doppelt symmetrischer Stützenquerschnitt mit Biegemoment M in einer Symmetrieechse). SCHEUNERT (A.); Bautechnik, All. (mai 1957), n° 5, p. 187-190, 13 fig. — E. 47756. CDU 624.043 : 693.5.012.43 : 624.072.3 : 69.002.2.

144-109. Chantier organisé pour la production rapide de pieux en béton précontraint, (Prestress plant turns out piles fast). Constr. Methods, U. S. A. (mai 1957), vol. 39, n° 5, p. 90-97, 20 fig. — Description d'un chantier aménagé à New Jersey et exploité pour le compte de l'Administration du port de New York. Production hebdomadaire de soixante-quatre pieux avec deux bacs de précontrainte. Description de l'équipement utilisé et des méthodes de travail. — E. 47863. CDU 693.56 : 624.155.

Dib PLOMBERIE SANITAIRE

145-109. Conditions d'établissement des conduites montantes dans des immeubles collectifs. ARNOULD (J.), MOREL (A.); Ass. tech. Industr. Gaz Fr., Fr. 16 p., 1 fig., 6 pl., 1 pl. h.-t. — Sujétions imposées aux constructeurs ainsi qu'à l'exploitation gazière en accord avec les normes et les spécifications de l'Association technique du Gaz en France; nature et choix des tuyauteries. — E. 47976. CDU 696.2 : 621.643.2 : 35.

146-109. La recherche des fuites sur les conduites d'eau. FOUQUET (M. P.); Tech. sanit. municip., Fr. (avr. 1957), n° 4, p. 94-110, 7 fig. — Analyse du bruit de fuite. Les bruits

parasites. Les appareils électroniques de recherche des fuites, et autres appareils électroniques utilisés dans les services de distribution des eaux. — E. 48103. CDU 628.15 : 621.626 : 621.38.

147-109. Numéro consacré à l'équipement sanitaire. — Tech. Archit., Fr. (avr. 1957), n° 1, p. 67-109, nombr. fig. — Le point de vue de l'architecte, du constructeur, de l'installateur. Descriptions des divers types, appareils et équipements sanitaires. — E. 47996. CDU 696.14.

Dic CLIMATISATION

148-109. Le confort dans le chauffage par rayonnement de surfaces. (Die Behaglichkeit bei der Randzonen-Strahlungsheizung). MACSKASY (A.); Heiz. Lüft. Haustechnik, All. (20 mai 1957), vol. 8, n° 5, p. 105-114, 14 fig., 17 réf. bibl. — Essai de détermination de la température moyenne admissible des surfaces de chauffe du point de vue physiologique. — Discussion. — E. 47834. CDU 697.353 : 536.5 : 61.

149-109. Idées actuelles sur les mécanismes de la turbulence et des transferts thermiques turbulents. CRAYA (A.); Mém. Trav. Soc. hydrotech. Fr., Fr. (1957), Suppl. au vol. 1, p. 15-24, 8 fig. — E. 48076. CDU 536.2 : 533 : 51.

150-109. Transferts de chaleur et problèmes de circulation dans les échangeurs : revue de quelques progrès récents. JOUTY (M.); Mém. Trav. Soc. hydrotech. Fr., Fr. (1957), Suppl. au vol. 1, p. 55-64, 6 fig., 8 réf. bibl. — E. 48076. CDU 536.2 : 697.35.

151-109. Convection laminaire et convection turbulente. RIBAUD (G.); Mém. Trav. Soc. hydrotech. Fr., Fr. (1957), Suppl. au vol. 1, p. 8-14, 8 fig. — Étude théorique de la convection de la chaleur dans les deux cas d'écoulement laminaire et d'écoulement turbulent. Procédés de résolution mathématique du problème, quand une telle résolution est possible. Étude de cas concrets. Détermination des ordres de grandeur des échanges thermiques dans le cas où le régime d'écoulement n'est pas établi. — Discussion. — E. 48076. CDU 536.2 : 533 : 51.

152-109. Etudes expérimentales sur le transport de chaleur par les gaz en convection forcée. LE FOLL (J.); Mém. Trav. Soc. hydrotech. Fr., Fr. (1957), Suppl. au vol. 1, p. 30-45, 15 fig. — E. 48076. CDU 536.2/6.

153-109. Conditions climatologiques d'été. CADIÈRGUES (R.), CALMON (R.); Industr. therm., Fr. (mai 1957), n° 5, p. 283-297, 38 fig. — Données climatiques de base pour le calcul des charges du conditionnement d'air en été (cette étude préliminaire sera suivie de celle de l'hygrométrie et de l'ensoleillement de base, et d'une étude générale du calcul du conditionnement.) — E. 47804. CDU 697.97 : 551.5.

154-109. Les indications de la norme DIN 4701, relatives aux températures intérieures des combles non chauffés sont-elles exactes? (Sind die Angaben ueber die Raumtemperaturen unbeheizter Dachräume gemäss DIN 4701 richtig?). SUTER (W. H.); Heiz. Lüft. Haustechnik, All. (20 mai 1957), vol. 8, n° 5, p. 120-122, 6 fig. — Critique de la norme et établissement d'une équation plus exacte. Abaque donnant les températures pour tous les cas pratiques. — E. 47834. CDU 536.5 : 69.024.21 : 389.6.

155-109. Détermination expérimentale des coefficients de transmission de chaleur dans le cas de densité de flux de chaleur élevées dans un milieu à une et à deux phases. BUTZ-

BACH (M.); *Mém. Trav. Soc. hydrotech. Fr.*, Fr. (1957), Suppl. vol. 1, p. 65-76, 18 fig., 8 réf. bibl. — E. 48076. CDU 536.2.

156-109. Etude des vitesses des jets d'air émis par les orifices à écoulement radial (dans les systèmes de distribution par le plafond d'air conditionné) (Jet velocities from radial flow outlets). KOESTEL (A.); *Heat. Pip. Air condition.*, U. S. A. (mars 1957), vol. 29, n° 3, p. 139-146, 14 fig., 2 réf. bibl. — Formule générale de calcul des vitesses des jets à écoulement radial. Comparaison des résultats d'application de la formule avec ceux des mesures de laboratoire, effectuées sur des jets produits par des tuyères radiales, des fentes et des diffuseurs. — E. 46987. CDU 697.953 : 621.64.646 : 533.6.

157-109. Influence du rayonnement des gaz dans les calculs d'échangeurs de chaleur. VIGNERON (M.), STOLZ (M.); *Mém. Trav. Soc. hydrotech. Fr.*, Fr. (1957), Suppl. au vol. 1, p. 46-54, 7 fig. — E. 48076. CDU 536.3 : 533 : 697.35.

158-109. Détermination des installations de téléchauffage à eau surchauffée. MACSKASY; *Chal. Industr.*, Fr. (mai 1957), n° 382, p. 135-142, 4 fig. — E. 48318. CDU 697.34 : 697.44 : 697.1.

Die l Chauffage.

159-109. Les installations de chauffage et de ventilation du Burgtheater à Vienne (Die Heizungs- und Lüftungsanlagen des Wiener Burgtheaters). TEUBNER (W.); *Gesundheitsingenieur*, All. (11 juin 1957), n° 11-12, p. 161-168, 9 fig. — E. 48259. CDU 697.1/9 : 725.821.

160-109. Les services d'équipement dans les bâtiments de la partie centrale de l'aéroport de Londres (The mechanical services in the central terminal area of London airport). TULLY (R. E.); *Instn Heat. Ventil. Engrs*, G.-B. (mai 1957), vol. 25, p. 33-47, 16 fig. — Description des installations de chauffage, ventilation, conditionnement, services d'eau chaude et froide. Discussion. — E. 47631. CDU 697.2/9 : 696.4 : 629.139.

161-109. Quelques considérations sur la conception du chauffage par le plancher (Some design considerations of floor heating). DANTER (E.); *Instn Heat. Ventil. Engrs*, G.-B. (juin 1957), vol. 25, p. 53-70, 11 fig., 14 réf. bibl. — Etude d'un certain nombre de problèmes en rapport avec les influences réciproques qui s'exercent entre le système de chauffage par le plancher et le bâtiment; détermination de la chaleur émise par les planchers chauffants; comparaison des déperditions de chaleur enregistrées avec le chauffage par le plancher et avec le chauffage par convection. — Discussion. — E. 48101. CDU 697.353 : 69.025 : 697.1.

162-109. Le chauffage par les plafonds. LAMBERT (E.); *Tech. hospital.*, Fr. (mai 1957), n° 140, p. 56-61, 6 fig. — Etude s'appliquant aux locaux des établissements hospitaliers. — E. 47940. CDU 697.353 : 69.025.4 : 725.5.

163-109. Principes de la pompe à chaleur de la Maison de la Radio de Paris. CONTURIE (L.); *Industr. Therm.*, Fr. (avr. 1957), n° 4, p. 198-201, 3 fig. — La pompe à chaleur appliquée au chauffage et au conditionnement d'air de la Maison de la Radio de Paris. TESTEMALE (H.); p. 202-206, 6 fig. — E. 47340. CDU 697.4 : 621.577 : 727.94.

164-109. Le transport de chaleur à très grande distance en U. R. S. S. CADIERGUES (R.); *Industr. therm.*, Fr. (mai 1957), n° 5, p. 249-258, 10 fig., 8 réf. bibl. — E. 47804. CDU 697.33/34 (47).

165-109. Chauffage et traitement des eaux d'une piscine. — *Chaud-Froid*, Fr. (avr. 1957), n° 124, p. 45, 47, 49, 51, 53, 55. — E. 47390. CDU 697.3 : 696.4 : 725.74.

Die n Ventilation, Conditionnement, Traitement de la matière.

166-109. Essais d'aspirateurs statiques de toiture (Performance testing of roof ventilators). WANNENBURG (J. J.); *Heat. Pip. Air condition.*, U. S. A. (mars 1957), vol. 29, n° 3, p. 147-154, 21 fig., 4 réf. bibl. — La prédiction du comportement des aspirateurs statiques d'après les résultats d'essais au tunnel aérodynamique exige une correction pour tenir compte de divers facteurs. Présentation d'une méthode théorique pour obtenir cette correction, vérification expérimentale de la théorie. — E. 46987. CDU 697.953 : 69.024 : 69.001.5.

167-109. Du rôle et de l'efficacité des aspirateurs statiques. BOYER (A.); *Docum. U. B. R.*, Fr. (1956), Inform. tech. n° 3, p. 59-69, 11 fig., 4 réf. bibl. — E. 46320. CDU 697.843 : 666.972.5.

Did ÉCLAIRAGE

168-109. Conceptions nouvelles sur l'éclairage des tunnels routiers (aux U. S. A.) (A new approach to highway tunnel lighting). BRASS (J. R.), SKOOTSKY (H.), TROSPER (G. A.); *Illum. Engng.*, U. S. A. (mars 1957), vol. 52, n° 3, p. 137-149, 9 fig. — E. 47181. CDU 628.93 : 624.19 : 625.7.

Dif PROTECTION CONTRE LES DÉSORDRES ET ACCIDENTS

Dif j Accoustique, Vibrations, Protection contre les bruits et les vibrations.

169-109. Expériences pratiques dans le domaine de l'isolation acoustique (Praktische Erfahrungen mit Schallschutzmassnahmen). SCHNEIDER (P.); *Bautechnik*, All. (mars 1957), n° 3, p. 94-101, 15 fig., 8 réf. bibl. — Recherches effectuées en Allemagne au sujet de l'isolation acoustique dans les logements ouvriers. — E. 46679. CDU 699.84 : 728.2 : 534.6.

170-109. Contribution à l'étude de l'absorption du bruit de pas, de l'isolement thermique et de la protection contre le feu de revêtements de sol en asphalte dans la construction de bâtiments (Zur Frage der Trittschalldämmung, der Wärmedämmung und des Feuerschutzes bei Asphalt-Fussbodenbelägen im Hochbau). NEUMANN (H.), BITUMEN, All. (juin 1953), n° 5, p. 105-109, 8 fig. (Trad. de l'art. analysé dans notre DT. 70 de déc. 1953, art. n° 332). — E. 48217. Trad. C. S. T. B. n° 67, 17 p. CDU 699.8 : 69.025.331.2 : 69.001.5.

Dif mu Protection contre les intempéries.

171-109. Le bâtiment et la construction en hiver en Norvège. Aspects du problème et exemples pratiques (Bouwen in de winter in Noorwegen. Enkele gezichtpunten en gegevens). DEGENAARS (T.); *Ingenieur*, Pays-Bas (31 mai 1957), n° 22, p. B. 47-B.57, 25 fig., 6 réf. bibl. — E. 48002. CDU 69.03 « 324 » (481).

Dig STOCKAGE ET CIRCULATION DES FLUIDES

172-109. Transport du gaz à longue distance aux Etats-Unis. — Edit. : O. E. C. E., Fr. (juil. 1956), projet n° 118, 1 vol., 197 p., 61 fig. — Voir analyse détaillée B. 2246 au chapitre II « Bibliographie ». — E. 48307. CDU 621.6.02 (73) (03).

173-109. Les matières plastiques et leurs propriétés dans le cadre de leur emploi pour les conduites d'eau sous pression (I materiali plastici e loro proprietà in vista applicazioni per condotte di acqua in pressione). CRUCIANI (F.), MARGARITTA (G.); *Acqua*, Ital. (mars-avr. 1957), n° 2, p. 33-49, 7 fig., 36 réf. bibl. — E. 48267. CDU 691.175 : 621.643.2 : 624.043.

Dig l CANALISATIONS

174-109. Manuel des canalisations en béton (Betonrohr Taschenbuch). ROSKE (K.); Edit. : *Bauverlag GMBH*, All. (1956), 1 vol., 120 p., 61 fig., 20 réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 2255 au chapitre II « Bibliographie ». — E. 48576. CDU 621.643.2 : 624.012.3 (03).

175-109. Calcul économique des conduites de refoulement enterrées en fonte. — GUYON (G.); *Minist. Agricult. Direct. Génie rural Hydraul. Agric., Sect. tech. Irrig. Assainissement*, Fr. (mai 1957), *Et. Trav. Centre Rech. Experiment. Génie rural*, n° 33, 10 p., 1 fig., 4 fig. h.-t. — Détermination du diamètre économique des canalisations du système d'irrigation par aspersion d'un périmètre syndical. Etablissement d'une formule applicable à un réseau d'alimentation en eau potable. — E. 48328. CDU 628.15 : 626.8 : 518.

176-109. Contribution au calcul des conduites de distribution de gaz à grande distance (Ein Beitrag zur Berechnung von Gasfernleitungen). MÜLLER (H.); *Gas-Wasserfach*, (G. W. F.), Autr. (12 avr. 1957), n° 15, p. 353-360, 5 fig., 7 réf. bibl. — Présentation d'une nouvelle méthode simplifiée (procédé graphique). — E. 47267. CDU 621.643.2 : 621.602 : 518.

177-109. Note sur l'association de réservoirs d'accumulation d'eau à cloche d'air à des canalisations de faible diamètre pour alimenter économiquement les écarts des distributions d'eau potable. Méthode graphique de représentation. HOARAU de LA SOURCE; *Minist. Agricult. Direct. gén. Génie rural Hydraul. agric., Serv. Génie rural, Circonscription de Bourges*, (1957), *Et. Trav. Centre Rech. Experiment. Génie rural*, n° 33.2, 31 p., 7 fig., Annexe : 11 p., 1 fig., 10 fig. h.-t. — Etude s'appliquant aux perspectives d'emploi des tuyaux en plastique semi-rigide dans les réseaux de distribution d'eau potable. — E. 48328. CDU 628.13/14/15 : 691.175 : 518.

178-109. Les pertes de charge dans les écoulements au travers de branchements en T. I. II. (fin). GARDEL (A.); *Bull. tech. Suisse romande*, Suisse (27 avr. 1957), n° 9, p. 123-130, 19 fig.; (11 mai 1957), n° 10, p. 143-148, 7 fig., 7 réf. — Compte rendu d'essais, établissement des formules générales de calcul pour des formes différentes de T. — E. 47396, 47652. CDU 532.5 : 621.643.4.

179-109. Calcul et résistance des raccords de branchements de canalisations soudés. (Design and strength of welded pipe line branch connections). RODABAUGH (E. C.), GEORGE (H. H.); *J. Pipeline Div.*, U. S. A. (mars 1957), n° PL1, *Proc. A. S. C. E.*, vol. 83, Pap. 1193, 34 p., 36 fig., 9 réf. bibl. — Examen des ruptures en service et de leurs causes. Essais statiques et essais cylindriques sous

pression. Essais statiques et essais cylindriques sous l'effet de charges extérieures. Méthodes recommandées. — E. 47083.
CDU 621.643.4 : 691.714 : 539.4.

Do ENTREPRISES,
ORGANISATION,
INDUSTRIALISATION, ÉTUDE,
DOCUMENTATION,
MAIN-D'ŒUVRE

180-109. Entrepreneurs et entreprises. Livre d'or de l'Entreprise française. t. II. Edit. : Monit. Trav. publ. Bâtim., Fr. (juin

1957), 1 vol., 174 + lxxv p., nambr. fig. — Voir analyse détaillée B. 2241 au chapitre II « Bibliographie ». — E. 48763. CDU 69.007 (44) (03).

Dod MATÉRIEL
ET OUTILLAGE

181-109. Evolution des installations de préparation des agrégats destinés à la confection du béton sur les chantiers (Die Entwicklungsrichtung der Aufbereitungsanlagen für Zuschlagstoffe für die Betonherstellung auf Baustellen). ZORBACH (B.); Bauingenieur, All. (avr. 1957), n° 4, p. 135-142, 17 fig. — Etude de l'équipement d'entreposage, de

concassage, de lavage, de criblage et des appareils de transport. — E. 47392.
CDU 69.05 : 691.322 : 693.5.

Dof LES CHANTIERS
ET LA SÉCURITÉ

Dof j'1 Organisation
des chantiers, Installations.

182-109. Le transport des pulvérulents en vrac. DUPLEIX (M.); Extrait de la : Rev. gén. Chem. fer, Fr. (avr. 1957), 7 p., 5 fig. — E. 48347. CDU 658.29 : 691.2/5

F. — LES OUVRAGES

Fac ÉLÉMENTS PORTEURS

Fac j Ossatures, Piliers,
Colonnes.

183-109. Nouveau procédé pour la construction des piles de ponts (Een nieuwe bouwwijze voor brugpijlers). NANNINGA (N.); Ingenieur, Pays-Bas (14 juin 1957), n° 24, p. A. 365 — A. 369, 8 fig. (résumé anglais). — Description d'un procédé adopté aux Pays-Bas par le « Provinciale Waterstaat Noordholland » pour la réalisation de piles de ponts et de ducs d'Albe, sans emploi de batardeaux ni de coffrages : battage de pieux, descente d'un caisson léger autour de ces pieux, remplissage de terre dans la partie inférieure du caisson et de béton dans la partie supérieure. — E. 48221. CDU 624.166 : 624.157/5.

Fac jel r Ossatures
(sans murs porteurs).

184-109. Les ossatures en zone sismique (I telai in zona sismica). CANNATA (D.); Atti rass. tec., Ital. (jan. 1957), n° 1, p. 26-28. — Critères à appliquer aux structures dans la région de Messine et de Reggio di Calabre, à la lumière des méthodes de calcul les plus modernes et les plus rapides. — E. 48216. Trad. C. S. T. B. n° T64, 4 p.
CDU 699.841 : 693.9.

185-109. L'ossature métallique d'un bâtiment sert également pour les essais d'avions (Building frame is also test rack for aircraft). WOLF (E. W.); Engng News-Rec., U. S. A. (25 avr. 1957), vol. 158, n° 17, p. 36-38, 40, 8 fig. — Calculée pour des charges exceptionnellement élevées, l'ossature métallique du bâtiment à un niveau en cours de construction à Baltimore pour la construction d'avions Glenn L. Martin est destinée à être utilisée pour les essais d'appareils. Détails de construction de l'ossature. — E. 47533. CDU 693.81 : 725.4 : 539.4.

Fac l Poutres, Dalles, Planchers.
Auvents, Portiques, Cadres.

186-109. Confection de poutres creuses en béton armé (procédé Dow-Mac) (The manufacture of hollow reinforced concrete beams, Dow-Mac process). ROBERTS (W. K.); Reinf. Concr. Rev., G.-B. (mars 1957), vol. 4, n° 5, p. 329-347, 16 fig. — Description et procédés de fabrication de poutres creuses à section rectangulaire. Intérêt de la précontrainte. — E. 46951.
CDU 624.072/78 : 624.012.3/45/46.

187-109. Poutres métalliques mises en précontrainte (Prestressed trussbeams). BARNETT (R. L.); J. Struct. Div., U. S. A. (mars 1957), n° ST2 : Proc. A. S. C. E., vol. 83, Pap. n° 1191, 22 p., 15 fig., 8 réf. bibl. — Présentation d'une méthode de calcul de poutres métalliques simplement appuyées. Économie de poids obtenue par la précontrainte dans le cas d'utilisation de profilés. Le procédé est intéressant lorsque les limitations de hauteur de la poutre ne sont pas rigoureuses, ou lorsqu'il est possible d'utiliser l'espace compris entre l'aile inférieure et le tirant, pour des canalisations par exemple. — E. 47084.
CDU 624.072.2 : 624.014.2 : 624.043.

188-109. Poutres assemblées de planchers (en bois) de constitution différente sur deux travées successives, et chevrons de toiture de portées inégales (Gekoppelte zweifeldrige Deckenbalken und Dachsparren mit ungleichen Stützweiten). TRYNSA (F.); Bautechnik, All. (mars 1957), n° 3, p. 86-88, 13 fig., 7 réf. bibl. — Etude de la répartition des moments pour ces différents ensembles continus. — E. 46679. CDU 624.043 : 624.072/8 : 69.024/5 : 694.1.

189-109. Structures métalliques allégées à usages multiples, en éléments typisés et soudés constitués de profils spéciaux écroûs (Geschweisste typisierte Mehrzweckbauteile im Stahlleichtbau unter Verwendung kaltverfestigter Sonderprofile). JUNGBLUTH (O.); Schweiss. Schneiden, All. (juin 1957), n° 6, p. 248-252, 14 fig., 9 réf. bibl. (résumés anglais, français). — Portiques de halls de 15 à 24 m de portée, dont l'élément de base est une poutre réticulée dans l'espace, constituée de profils spéciaux écroûs et assemblés par soudage. — E. 48349. CDU 624.014.25 : 624.074.5.

190-109. Bâtiment de six niveaux réalisé avec l'emploi de dalles en béton précontraint mises en place par levage (Six stories of prestressed slabs erected by lift-slab method). MINGES (J. S.), WILD (D. S.); J. A. C. I., U. S. A. (fév. 1957), vol. 28, n° 8, p. 751-768, 16 fig. — Description de la construction d'un bâtiment hospitalier. — Dalles de 13,1 × 55,4 m pour les cinq premiers niveaux et de 12,4 × 24,3 m pour le solum. Avantages et inconvénients du procédé. — E. 46576.
CDU 69.025.22 : 624.012.46 : 69.057.1.

Fac m Toitures, Voûtes,
Dômes, Coupes, Arcs, Escaliers.
Voiles.

191-109. Calcul et réalisation d'un escalier hélicoïdal (Design and construction of helical staircase). MATTOCK (A. H.); Concr. Constr.

Engng, G.-B. (mars 1957), vol. 52, n° 3, p. 99-105, 7 fig. — Etude d'un escalier hélicoïdal en béton armé sans supports intermédiaires construit pour un bâtiment commercial à Londres. — E. 46694. CDU 626.1 : 624.074.7 : 693.55.

192-109. Etude de la construction du stade de Sorel (Canada) avec examen particulier des problèmes posés par les fondations (The design of Sorel stadium with special reference to its foundations). MEYERHOF (G. G.), FRANKIN (L. A.); Engng J., Canada (mars 1957), vol. 40, n° 3, p. 270-274, 8 fig., 2 réf. bibl. — Bâtiment à couverture en arc comportant six fermes métalliques de 39,5 m de portée. Fondations sur pieux moulés à bulbe. Reconnaissance du sol de fondation, résultats des essais de pénétration et des essais de chargement des pieux. — E. 47205.
CDU 725.826 : 624.014 : 624.154.

193-109. Comment construire des hangars d'aviation à couverture suspendue? (Suspended-roof hangars — How do you build them?). Constr. methods, U. S. A. (juin 1957), vol. 39, n° 6, p. 107-109, 112-113, 118, 17 fig. — Etude du procédé utilisé pour la construction des hangars de l'aéroport international de New York, comportant des dalles de couverture en béton suspendues par câbles fixés à une construction attenante. Coffrages, décentrement, mise en place des vérins de suspension. — E. 48552. CDU 624.91 : 693.55 : 624.078.5.

194-109. Réalisation de couvertures en arc de grande portée par le procédé des « voûtes ondulées » (La construction de grandes bóvedas por el sistema de « Dovelas-onda »). SANCHEZ DEL RIO PISON (I.); Rev. Obras publ., Esp. (mai 1957), n° 5, p. 205-216, 25 fig. — Avantages de l'ondulation des voûtes en béton qui permet de réaliser dans des conditions économiques des couvertures dont la portée peut atteindre 100 m. Etude d'un nouveau procédé combinant l'emploi du béton à celui d'éléments céramique pour la réalisation de voûtes en hourdis. — E. 47890.
CDU 624.91 : 624.072.32 : 624.012.45.

195-109. Des poutres en console supportent un dôme de 62 m de rayon (Cantilevers support dome of 204-ft radius). ANDERSON (B. G.), ANDERSON (A. D.); Civ. Engng, U. S. A. (mai 1957), vol. 27, n° 5, p. 58-61, 5 fig. — L'emploi de coffrages mobiles diminue le coût de construction du dôme (de Dallas) (Traveling dome forms reduce construction cost). FARNSWORTH (H. P.), SULLIVAN (G. J.); p. 61-63, 2 fig. — Description d'un bâtiment en cours de construction à Dallas (U. S. A.) ; il s'agit d'une grande salle circulaire à usages multiples avec tribunes pouvant contenir dix mille spectateurs assis. — Charpente en béton armé,

murs-rideaux, couverture réalisée en seize segments égaux en béton. — E. 47878.

CDU 725.8 : 624.012.45 : 624.047.2.

196-109. Le pavillon Krupp à la Foire de Hanovre. ENNEPER (P.); *Acier*, Fr. (mai 1957), n° 5, p. 203-209, 15 fig. — Description du bâtiment de la coupole, d'un diamètre de 28 m et d'une hauteur de 11,5 m. La coupole est constituée de deux systèmes de poutres métalliques en arc qui se croisent. Procédé de calcul. Réalisation. Couverture en polyester transparent armé de laine de verre. Auvent. — E. 47796.

CDU 725.91 : 624.074.2 : 624.014.2.

197-109. L'église St. Roch à Düsseldorf (Die St.-Rochus-Kirche in Düsseldorf). *Beton-Stahlbetonbau*, All. (mai 1957), n° 5, p. 97-104, 22 fig., 3 réf. bibl. — Couverture trilobée; trois absides en voiles minces de 7 m de rayon, surmontées d'une coupole également trilobée, formée de trois éléments de révolution en voiles minces dont le sommet est à 28 m du sol. Procédés de calcul et de construction de ces voiles en béton armé. — E. 47759.

CDU 624.074.2/4 : 624.012.45 : 726.5.

Fad ÉLÉMENTS NON PORTEURS

Fad j Cloisons, Plafonds,
Remplissages d'ossatures, Gaires.
Murs — rideaux.

198-109. Phénomènes de contrainte dans les conduits de fumée. RINCK (E.); *Docum. U. B. R.*, Fr. (1956), Inform. tech. n° 3, p. 11-22, 7 fig. — Analyse des facteurs pouvant provoquer des fissures dans les conduits de fumée en béton avant le montage du conduit, après le montage mais avant la mise en service du conduit, après la mise en service du conduit. Moyens d'éviter les causes de fissuration. — E. 46320.

CDU 624.043 : 697.81 : 666.972.5.

199-109. Propriétés, confection et contrôle des bétons pour conduits de fumée. SCHAEFFER (E.); *Docum. U. B. R.*, Fr. (1956), Inform. tech. n° 3, p. 26-30, 3 fig., 5 réf. bibl. — E. 46320.

CDU 666.972.5 : 697.81.

200-109. L'édification des conduits de fumée préfabriqués, leur implantation et leur parcours dans le bâtiment. SCHAEFFER (E.); *Docum. U. B. R.*, Fr. (1956), Inform. tech. n° 3, p. 31-38, 12 fig. — E. 46320.

CDU 697.81 : 69 : 35.

201-109. Technologie des enduits et des joints (conduits de fumée). SCHAEFFER (E.); *Docum. U. B. R.*, Fr. (1956), Inform. tech. n° 3, p. 39-44, 8 fig. — E. 46320.

CDU 693.22/62 : 697.81.

Fec BATIMENTS CULTURELS. SPORTS.

202-109. La salle de classe. Son rôle et sa conception (Klasserummet. Funktion og udformning). *Undervisningsminist. Byggeforskningsudvalg Stat. Byggeforskningsinst.*, Danm. (1957), *Nyt Skolebyggeri* n° 5, 110 p., nombr. fig. — Analyse détaillée des notions essentielles de pédagogie et de leurs rapports avec un certain nombre de problèmes en liaison avec l'étude des projets de salles de classe. Choix du mobilier, orientation et ensoleillement, éclairage naturel, décoration, installations sanitaires. Description de divers types de salles de classe. — E. 48047.

CDU 727.1 : 64 : 696/7.

203-109. Des différents sols (dans la construction de terrains de sport). *Bât. Chem. fer*, Fr. (avr.-mai 1957), n° 4, p. 2-15, 11 fig. — Sols en cendrée, sols en cendrée sommaire, sols stabilisés, sols calcaires broyés, sols gazonnés. — E. 47690.

CDU 725.89 : 625.7.

Fed TRAVAUX MILITAIRES, TRAVAUX D'UTILITÉ PUBLIQUE, ALIMENTATION EN EAU, HYGIÈNE PUBLIQUE, GÉNIE RURAL. EAUX SOUTERRAINES.

Fed la Alimentation en eau.
Réservoirs d'eau.

204-109. Le programme d'adduction d'eau de Daer (G.-B.) (Daer water supply scheme). KERR (H.), LOCKETT (E. B.); *Proc. Instn. civ. Engrs.*, G.-B. (mai 1957), vol. 7, p. 46-87, 11 fig., 3 fig. h.-t., 2 réf. bibl. — Emplacement, caractéristiques du bassin versant. Description du barrage en terre, avec noyau en béton de 792 m de longueur à la crête et de 207 m de largeur à la base; hauteur : 41 m. Etude de la pose des conduites. Prix de revient de l'installation. Discussion. — E. 47637.

CDU 627.8 : 691.4 628.1.

205-109. Bases d'un plan d'ensemble pour l'étude de distribution d'eau sur une grande étendue (Exakte Planungsgrundlagen für großflächige Wasserversorgungsnetze). KORTE (J. W.), MÄCKE (P. A.); *Gas-Wasserfach* (G. W. F.), All. (3 mai 1957), n° 18, p. 429-435, 7 fig., 12 réf. bibl. — Présentation d'une méthode inspirée de celles appliquées en matière d'aménagement du territoire. — E. 47587.

CDU 628.15.

Fed m Hygiène publique.

206-109. L'épuration biologique dans le sol des eaux polluées. BAARS (J. K.); *Bull. Centre belg. Etude Docum. Eaux (CEBEDEAU)*, Belg. (avr.-mai-juin 1957), n° 36, p. 75-82, 9 fig., 5 réf. bibl. — E. 47702.

CDU 628.36.

Fed n Génie rural, Irrigations.

207-109. Résolution graphique de problèmes fréquents en matière d'irrigation. FABRE (H.); *Eau*, Fr. (avr. 1957), n° 4, p. 65-74, 5 fig. — E. 47681.

CDU 626.81/85 : 532 : 518.

208-109. Mémoire explicatif de projet d'irrigation par aspersion établi par la circonscription du génie rural de Marseille. — *Minist. Agric. — Direct. gén. Génie rural Hydraul. agric. — Serv. Génie rural*, Fr. (1957), *Et. Trav. Centre Rech. Exper. Génie rural* n° 34, 78 p., 22 fig. — Etude du projet d'irrigation de la région de Gardanne. — E. 48329.

CDU 626.81/85 : 518.

Feg BATIMENT EN GÉNÉRAL

209-109. Numéro consacré à la reconstruction et à la construction dans le Bas-Rhin. URBAN (F.), LEHERRE (F.), VEGA-ROCHE (L.), LE PAPE (J.); *Bâtir*, Fr. (mai 1957), n° 67, p. 1-108, nombr. fig. — La Maison de l'Europe à Strasbourg, cités H. L. M., nouvelle synagogue, nouveau lycée Kléber, reconstruction du Conservatoire de Strasbourg. Reconstruction de villages dans le Bas-Rhin. — E. 47997.

CDU 725/7/8 : 711.168 (44).

Feg l Bâtiments
de plus de 10 étages.

210-109. Gratte-ciel comportant de nombreuses innovations (A skyscraper crammed with innovations). *Engng. News-Rec.*, U. S. A. (13 juin 1957), vol. 158, n° 24, p. 45-50, 52, 13 fig. — Description du Scagram Building, actuellement en cours de construction à New York. Cet immeuble de 38 étages comporte une ossature assemblée au moyen de boulons à haute

résistance avec contreventement diagonal, et de nouveaux types d'installations pour l'éclairage et le conditionnement de l'air. — E. 48297.

CDU 721.011.27 : 693.97 : 697.9 : 628.9.

Fib OUVRAGES INDUSTRIELS ET COMMERCIAUX, DE PRODUCTION D'ÉNERGIE ET D'UTILITÉ PUBLIQUE

211-109. 75 ans de records. Travaux publics de France. — *Editn. Sci. Industr.*, Fr. (1957), Suppl. à la revue *Travaux*, n° 273 bis, 1 vol., 112 p., 185 fig. — Voir analyse détaillée B. 2243 au chapitre II « Bibliographie ». — E. 48381.

CDU 624/8 (44) (03).

Fib je Industrie.

212-109. Bâtiments industriels à un niveau (Single storey industrial buildings). *C. A. C. A.*, G.-B. (mars 1956), n° Bb. 16, 46 p., 2 p. h.-t., nombr. fig. — Brochure consacrée à l'étude des avantages qu'offre l'emploi du béton pour la réalisation des bâtiments industriels : rapidité de construction et économie, adaptation aux besoins nouveaux, facilité de logement des conduits et canalisations, propreté, problème de l'éclairage, isolation thermique, résistance au feu. Description de nombreuses réalisations récentes en Grande-Bretagne avec photos et plans. — E. 48330.

CDU 725.4 : 624.012.45.

Fib n Production d'énergie,
Ouvrages hydrauliques, Barrages,
Régularisation des cours d'eau.

213-109. Comparaison des types de barrages-poids américains et suisses (How do U. S.-Swiss designs compare?). HOLMES (W. H.); *Engng. News Rec.*, U. S. A. (28 mars 1957), vol. 158, n° 13, p. 32, 35-36, 38, 2 fig. — Comparaison entre le barrage de Grande Dixence et les barrages Hoover et Shasta. — E. 47953.

CDU 627.8 (73) (494).

214-109. Le barrage de la Grande Dixence (Suisse). BENS (G.); *Tech. Trav.*, Fr. (mars-avr. 1957), n° 3-4, p. 106-124, 27 fig. — Etude détaillée de l'ouvrage en cours de construction. Barrage-poids en béton de 284 m de hauteur. Longueur à la crête : 700 m. Organisation des chantiers, état d'avancement des travaux. — E. 47261.

CDU 627.8.

215-109. L'aménagement hydroélectrique de Vaitarna et le barrage de Tansa. I. II. (fin) (The Vaitarna project and Tansa dam). GHASWALA (S. K.); *Civ. Engng.*, G.-B. (mai 1957), vol. 52, n° 611, p. 539-541, 2 fig.; (juin 1957), vol. 52, n° 612, p. 666-668, 4 fig. — Etude générale du programme d'aménagement et des travaux en cours. Description du barrage sur la rivière Vaitarna. Il s'agit d'un barrage-poids en béton de 554 m de longueur et de 82 m de hauteur totale, destiné à l'alimentation en eau de la ville de Bombay. — Organisation du chantier de bétonnage, caractéristiques de la galerie d'amenée, consolidation du barrage Tansa par le procédé Coyne. — E. 47781, 48241.

CDU 627.8/1 : 628.1.

216-109. L'aménagement hydroélectrique de Guayabo (Amérique centrale). (Guayabo hydroelectric project). HARZA (R. D.), ZOWSKI (T.); *Water-Power*, G.-B. (mai 1957), vol. 9, n° 5, p. 163-172, 10 fig. — Description des installations comprenant un barrage — poids en béton de 455 m de longueur et une centrale souterraine. — E. 47399.

CDU 627.8 : 621.311.21 : 624.19.

217-109. Le barrage en béton précontraint de Allt-na-Lairige (Ecosse) (Allt-na-Lairige prestressed concrete dam). BANKS (J. A.); *Proc. Instn civ. Engrs.*, G.-B. (mars 1957), vol. 6, p. 409-444, 15 fig., 9 fig. h.-t., 4 réf. bibl. — Barrage de 22,2 m de hauteur et de 414,5 m de longueur. Géologie du site, conception générale de l'ouvrage. Détermination des contraintes normales et de la stabilité de l'ouvrage, comparaison avec un barrage-poids en ce qui concerne les coefficients de sécurité et le prix de revient. Description des travaux, procédés employés pour la mise en précontrainte. Discussion. — E. 46682. CDU 627.8 : 693.56 : 624.04 : 69.003.

218-109. Emploi de matériaux provenant de fouilles d'ouvrages (Use of materials from structural excavations). HILF (J. W.); *J. Soil Mech. Found. Div.*, U. S. A. (avr. 1957), n° SM2; *Proc. A. S. C. E.*, vol. 83, Pap. 1207, 17 p., 7 fig., 1 réf. bibl. — Influence sur la conception d'un barrage en terre de l'importance du volume des matériaux provenant des fouilles exécutées pour les ouvrages annexes. — Exemples. — E. 47613. CDU 627.8 : 691.4.

219-109. Le bétonnage du barrage-voûte de Picote (Portugal) (A betonagem da barragem de Picote). MOREIRA LOBO (L.); *Tecnica*, Portug. (mai 1957), n° 272, p. 521-544, 25 fig., 1 fig. h.-t. — Etude du béton : caractéristiques des matériaux, dosage, essais, caractéristiques du béton, mise en œuvre. — E. 48788. CDU 693.542 : 627.8 : 620.16.

220-109. Extension de l'aménagement d'Eildon (Australie) pour l'irrigation et la fourniture d'énergie hydroélectrique (Enlarged Eildon irrigation and hydro-electric scheme). *Water-Power*, G. B. (avr. 1957), vol. 9, n° 4, p. 123-128, 8 fig. — Etude du nouveau barrage en terre et en enrochements d'Eildon de 79 m de hauteur, dont la construction vient d'être achevée. Equipement de la centrale. — E. 46937. CDU 627.8 : 691.4 : 621.311.21.

221-109. Etude d'un déversoir en puits pour le barrage Ebenezzer (Afrique du Sud) (Shaft spillway design as applied to the Ebenezzer dam). MYBURCH (R. I. D. M.); *Trans. S. Afr. Instn civ. Engrs.*, S. Afr. (mai 1957), vol. 7, n° 5, p. 177-194, 7 fig., 19 réf. bibl. — Exposé des raisons qui ont amené au choix d'un déversoir en puits pour le barrage en terre d'Ebenezzer, actuellement en cours de construction. — E. 48220. CDU 627.84 : 621.646.

222-109. Caractéristiques d'un siphon à large gorge (Characteristics of a large throated siphon). STEVENS (J. C.); *J. Hydraul. Div.*, U. S. A. (avr. 1957), n° HY2; *Proc. A. S. C. E.*, vol. 83, Pap. 1198, 19 p., 13 fig., 6 réf. bibl. — Déversoir à siphon ayant une gorge de 2,75 × 10,85 m environ installé à la centrale Sullivan de la Portland General Electric Company. — Essais et résultats. — E. 47618. CDU 621.647 : 621.311.21.

Fid VOIES DE COMMUNICATION

Fid ja Routes.

223-109. Routes à revêtements souples. Emploi de matériaux de qualité médiocre (Flexible roads. Use of low grade materials). INGLE (F. W.); *Roads Road Constr.*, G.-B. (juin 1957), vol. 35, n° 414, p. 171-176, 8 fig., 4 réf. bibl. — Considérations économiques sur la construction des routes, exemples de réalisations : routes en sol-ciment, emploi de sous-produits et déchets des exploitations minières. — E. 48246. CDU 625.8.06/7 : 691.322.

224-109. Recommandations pratiques pour le calcul des revêtements de routes et d'aéroports en béton (Recommended practice for

design of concrete pavements). FINNEY (E. A.); *J. A. C. I.*, U. S. A. (fév. 1957), vol. 28, n° 8, p. 717-750, 21 fig. — Présentation de recommandations basées sur les expériences faites aux U. S. A. en matière de revêtements rigides; influence du climat, du trafic, des matériaux de construction disponibles, de l'équipement de chantier. — Recommandations concernant l'exécution des fondations, le choix des dimensions des dalles, les joints. — E. 46576. CDU 625.84 : 629.139.1 : 624.07.

225-109. Comportement des revêtements routiers bitumineux (Performance of bituminous surfacing). *Nation. Acad. Sci., Nation. Res. Council.* (publ. n° 489), U. S. A. (1957), *Highw. Res. Board Bull.* n° 154, 30 p., 32 fig. — La brochure comporte deux études, traitant respectivement de recherches en campagne et en laboratoire sur le béton asphaltique mélangé à chaud et de la tenue des revêtements en béton bitumineux et en mortier d'asphalte en Caroline du Nord. — E. 48283. CDU 625.85 : 620.16 : 69.059.4.

226-109. Spécifications relatives à la construction des revêtements routiers à base de bitume. Edit. : *The Asphalt Institute*, U. S. A. (1957), 1 vol., 350 p., fig. — Voir analyse détaillée B. 2248 au chapitre II « Bibliographie ». — E. 48305. CDU 625.75/85/76 : 691.16 : 69.001.3 (03).

227-109. Les couches rapportées sur les revêtements d'aérodromes (The design of airfield overlay pavements). *Proc. A. S. C. E.*, U. S. A. (août 1955), vol. 81, Pap. n° 777, 31 p., 10 fig., 16 réf. bibl. — (Trad. d'un art. analysé dans notre DT. 93 de mars-avril 1956, art. n° 215). — E. 47551. Trad. Serv. Docum. Ponts Chauss. n° 1158, 37 p. CDU 625.8 : 629.139.1 : 69.059.32.

228-109. Stabilisation des chaussées avec emploi des liants bitumineux. Conditions préalables, mode d'emploi et exigences à respecter (Die Bodenverfestigung mit bituminösen Bindemitteln. Voraussetzungen, Anwendung und Anforderungen). TEMME; *Bitum.-Teere-Asphalte-Peche-Verw.-Stoffe*, All. (mai 1957), n° 5, p. 164-170, 4 fig. — E. 47942. CDU 624.138 : 691.16.

229-109. L'essai routier AASHO (U. S. A.). Rapport préliminaire pour 1955-1956 (The AASHO road test. A progress report for 1955-6). MCKENDRICK (W. B. Jr), CHASTAIN (W. E.), CAREY (W. N.); *Highw. Res. Board.* — *Highw. Res. Abstracts*, U. S. A. (mai 1957), vol. 27, n° 5, p. 17-31, 9 fig. — Organisation et administration de l'organisme chargé des essais. Description des installations, programme des recherches et essais. — E. 48113. CDU 625.73 : 69.001.5 : 061.24.

230-109. Constatations faites lors de la construction de couches de support en béton de gravillon bitumineux et contrôle de leur tenue. I. II. (6n). (Erfahrungen beim Bau von Tragschichten aus bituminösem Kiesbeton und die Prüfung ihrer Stabilität). SCHULZE (K.); *Bitumen*, All. (mars 1957), n° 2, p. 33-38, 7 fig., 7 réf. bibl.; (mai 1957), n° 3, p. 59-63, 10 fig. — E. 47639, 48205. CDU 625.75 : 620.16.

231-109. Colloque sur les bas-côtés des routes (A symposium on highway shoulders). *Nation. Acad. Sci., Nation. Res. Council.* (publ. n° 486) U. S. A. (1957), *Highw. Res. Board Bull.* n° 151, VII + 27 p., 12 fig. — Texte de treize exposés relatifs à la conception, au calcul et à la réalisation des bas-côtés des chaussées à revêtement souple ou rigide. Rapports avec les aménagements relatifs au drainage; relation entre la fréquence des accidents et la largeur des bas-côtés. Coût de l'entretien. — E. 48143. CDU 625.74/77/78/88.

232-109. Résistance à l'abrasion des revêtements routiers en béton (Resistance to abrasion of concrete pavements). JAGUS (P. J.), CHATTERJI (M. R.); *J. Ind. Roads Congress*, Inde (fév. 1957), vol. 21, n° 1, p. 63-97, 24 fig. — Intérêt de connaître la résistance à l'abrasion pour déterminer le dosage du béton des revêtements rigides. Etude d'un procédé d'essai d'abrasion, appelé essai pneumatique, mis au point en Inde. — E. 47473. CDU 625.84 : 620.191.

Fid I Ouvrages pour la navigation.

233-109. Les installations modernes pour la navigation sur l'Ohio (Modern facilities for Ohio river navigation). BRUCE (J. W.), KELLER (D. W.), NEILI (J. A.); *J. Waterw. Harbors Div.*, U. S. A. (mai 1957), n° WW2, *Proc. A. S. C. E.*, vol. 83, Pap. 1239, 16 p., 3 fig. — Aménagements du Mississippi à son embouchure dans le golfe du Mexique (Mississippi river gulf outlet). LEWIS (W. H.), BRUNE (L. C.); Pap. 1240, 16 p., 7 fig. — Etude d'un projet de canal de navigation reliant la ville de La Nouvelle-Orléans au Golfe du Mexique, longueur 121 km. — Le port de Mobile et le chenal navigable (Mobile harbor and ship channel). BISBORT (H. E.); Pap. 1241, 11 p., 2 fig. — Historique du chenal et étude de son importance pour le port de Mobile, U. S. A. — Le Mississippi de Baton Rouge au Golfe du Mexique (Mississippi river — Baton Rouge to the Gulf of Mexico). JERNIGAN (O. M.); Pap. 1242, 11 p., 2 fig. — La lutte contre les inondations dans le delta Mississippi-Yazoo (Flood control for the Mississippi-Yazoo delta). LITTLE (C. K.); Pap. 1243, 7 p., 2 fig. — Evolution du plan de lutte contre les inondations dans la vallée du Mississippi (Evolution of the Mississippi valley flood control plan). HARDIN (J. R.); Pap. 1251, 18 p., 4 fig., 14 réf. bibl. — Les voies navigables et le développement industriel (Navigable waterways and industrial development). PYBURN (D. L.); Pap. 1252, 8 p., 1 fig., 2 réf. bibl. — L'exemple du Mississippi et autres voies navigables du Sud des États-Unis. — E. 48147. CDU 626.1 : 627.51.

233a-109. Travaux entrepris pour le réaménagement du canal de l'Eems près de Delfzijl (Pays-Bas) (De werken tot verbetering van het Eemskanaal bij Delfzijl). BRAKEL (J.); *Cement Beton*, Pays-Bas (fév. 1957), n° 1-2, p. 31-38, 15 fig., 4 réf. bibl. — Description des ouvrages importants en béton armé, rendus nécessaires par les exigences de la navigation, des chantiers navals et du drainage. — Réalisation d'une vanne siphon et d'écluses à sas. Fondations. Bêtonnage. — E. 46198. CDU 626.1/5 : 693.55 : 624.15.

234-109. Méthode de calcul du raccordement des biefs en régime de fond (Metoda de calcul al racordarii biefurilor in regim de fund). KAHAN (M.); *Hidrotehnica*, Yougosl. (mars-avr. 1957), n° 2, p. 65-72, 12 fig. — Procédé rapide de détermination des profils des dissipateurs d'énergie et de leurs raccordements au fond des canaux. — E. 47932. CDU 626.1/3/4 : 532.

235-109. Les revêtements du canal de Taulierville. HENOCQUE (A.); *Travaux*, Fr. (juin 1957), n° 272, p. 337-343, 13 fig. — Etude des problèmes posés par le revêtement de cet ouvrage d'irrigation dont la surface à revêtir était de l'ordre de 300 000 m² de revêtements bétonnés, 110 000 m² de revêtements bitumineux et 12 000 m² de dalles préfabriquées à titre d'essai. — E. 48084. CDU 626.1 : 693.5 : 625.75.

236-109. Ducs d'Albe métalliques souples (Verende stalen ducdalven voor de binnenscheepvaart). HOORNENBORG (J. C.),

WEGNER (H.); *Ingenieur*, Pays-Bas (3 mai 1957) n° 18, p. B. 37-B. 43, 11 fig., 10 réf. bibl. — Description de ce type de dues d'Albe utilisé depuis 1953 sur la Meuse canalisée et le canal Meuse-Waal. — E. 47518.

CDU 627.34 : 624.014.2.

236^a-109. Atterrissements en mer, dans les estuaires, dans les chenaux, dans les bassins à marée, dans les bassins à flots et dans les canaux maritimes (Siltation in coastal waters, in estuaries, in channels, in tidal basins, in enclosed docks and in maritime canals). *Ass. internationale. perman. Congr. Navigat.*, Belg. (1957), Sect. II : Navigation maritime, Communicat. 3, 280 p., nombr. fig., réf. bibl. — (*Dix-neuvième Congrès international de Navigation, Londres 1957*) — Etude générale de l'envasement des ports, mesures à prendre pour le réduire. Méthodes modernes de mesure des profondeurs, des courants, des ondes, des marées et du mouvement des matériaux solides en mer et dans les estuaires. — E. 47816. CDU 627.6/7 : 061.3.

236^a-109. Essais sur modèle réduit concernant les revêtements du rivage maritime dans le cas d'une plage de sable. LAMOEN (J.); *Bull. C. E. R. E. S.*, Belg. (1956), t. 8, p. 323-373, 40 fig., 1 fig. h.-t. — E. 47525.

CDU 627.52 : 69.001.5.

236^a-109. Contribution à l'étude de la stabilité des ouvrages de protection maritime. Nouvelles conceptions concernant les critères à adopter en fonction des effets nuisibles de la houle. — LHERMITTE (P.); *Rev. gén. Hydraul.*, Fr. (jan.-fév. 1957), n° 76, p. 22-25 (en français), p. 26-33, 6 fig. (en anglais). — Etude des caractéristiques à adopter pour la construction des jetées et brise-lames, en fonction de la probabilité de ruine. — E. 47763.

CDU 627.52 : 624.01 : 519.

Fid p Voies aériennes.

236^a-109. Construction de deux bases aériennes pour les gros bombardiers de l'aviation stratégique américaine (Two bases for the biggest strategic bombers). *Engng News-Rec.*, U. S. A. (28 fév. 1957), vol. 158, n° 9, p. 40-42, 44, 6 fig. — Description générale des bases de Loring et de Portsmouth aménagées près de la côte de la Nouvelle-Angleterre. — E. 46851.

CDU 629.139 : 725.39 : 623.

237-109. L'aménagement de l'aéroport de Zurich (Der Ausbau des Flughafens Zürich). *Schweiz.-Bauztg.*, Suisse (8 juin 1957), n° 23, p. 345-352, 353-357, 14 fig. — Exposé des projets d'extension. — E. 48130.

CDU 629.139.

238-109. Construction d'une piste en sol-ciment à Christchurch (Grande-Bretagne) (The construction of a soil-cement runway at Christchurch). *BARRIE (A. O.), COTTINGTON (J.); Proc. Instn. civ. Engrs.*, G.-B. (avr. 1957), vol. 6, p. 577-594, 14 fig., 2 fig. h.-t., 3 réf. bibl. — Description des travaux de construction de cette piste de 1 371 m de longueur et de 30,5 m de largeur. — E. 47249.

CDU 629.139.1 : 624.138 : 666.94.

239-109. Revêtement en sol-ciment sur un aérodrome pour avions de gros tonnage (A heavy-duty airfield pavement embodying soil stabilization). *MARTIN (F. R.); Proc. Instn. civ. Engrs.*, G.-B. (avr. 1957), vol. 6, p. 612-658, 30 fig., 2 fig. h.-t., 4 réf. bibl. — Emploi de la technique du sol stabilisé sur un aérodrome où le sous-sol était presque entièrement composé de matériaux granulaires. Pour déterminer le comportement d'un revêtement de piste d'envol en sol-ciment, des essais ont été entrepris sur une section expérimentale. Compte rendu des résultats de ces recherches. Discussion. — E. 47249.

CDU 629.139.1 : 624.138 : 666.94.

240-109. Revêtements en sol stabilisé à l'aéroport municipal de Southend-on-Sea

(Grande-Bretagne) (Stabilized-soil pavements at Southend-on-Sea municipal airport). *HILL (T. B.), WILLIAMS (K. H. G.); Proc. Instn. civ. Engrs.*, G.-B. (avr. 1957), vol. 6, p. 595-611, 15 fig. — Emplacement, étude et essais du sol, réalisation des deux pistes d'envol de 1 609 et 1 127 m de longueur. Taxiway de 731,5 m de longueur : sol stabilisé au ciment et revêtement superficiel en asphalte. — E. 47249.

CDU 629.139.1 : 624.138 : 666.94 : 625.85.

Fif OUVRAGES D'ART

Fif j Souterrains.

241-109. Le tunnel routier de Brooklyn-Battery sous l'East River à New York, inauguré en 1950. — *Monde souterr.*, Fr. (avr. 1957), n° 100, p. 431-435, 8 fig. — L'éclairage du tunnel de Brooklyn-Battery p. 435-437, 5 fig. — Description et mode de construction de ce tunnel à deux tubes parallèles de 3 383,5 m de longueur. Capacité annuelle : seize millions de véhicules. Cuvelage en anneaux de fonte revêtus de pierres de taille recouvertes de céramique claire. Eclairage. — E. 47646.

CDU 624.194.

Fif laj — Ouvrages de protection en montagne.

241^a-109. Mesures prises pour la protection contre les avalanches de la ligne aérienne à 110 kV Zirl-Braz des Chemins de fer autrichiens (Ueber Lawenschutzmassnahmen an der 110 kV-Freileitung Zirl-Braz des Oesterr. Bundesbahnen). *MAJER (J.); Oesterr. Bauzeitung* Autr. (fév. 1957), n° 2, p. 37-44, 8 fig., 18 réf. bibl. — Reconnaissance des sites et étude des ouvrages de protection. — E. 46544.

CDU 624.18 : 621.311/5.

Fif m Ponts.

241^a-109. Emploi du béton précontraint pour les ouvrages ferroviaires (Use of prestressed concrete for railway structures). Tiré de : *Bull. Amer. Railw. Engng. Ass.*, U. S. A. (juin-juil. 1956), n° 530, p. 53-58, 5 fig. — Comparaison économique avec le béton armé et la construction métallique pour dix types de ponts-poutres de 11,125 m de portée. — E. 46527.

CDU 624.27 : 624.012.46/5 : 624.014.2 : 69.003.

242-109. Le nouveau saut-de-mouton de Kohlhaus, près de Fulda (Das neue Kreuzungsbauwerk Kohlhaus bei Fulda). *PREIN (B.); Stahlbau*, All. (mai 1957), n° 5, p. 127-131, 8 fig., 3 réf. bibl. — Remplacement d'un pont détruit en 1945. Ouvrage métallique en treillis de 42 m de long. — E. 47757.

CDU 624.28.014.2.

243^a-109. Reconstruction du pont de Schweinfurt sur le Main (Umbau der Mainbrücke Schweinfurt). *BAUMANN (F.); Stahlbau*, All. (mai 1957), n° 5, p. 124-127, 10 fig., 2 réf. bibl. — Pont-rail à poutres en treillis métallique sur trois travées de 50, 50 et 70,5 m de portée, destiné à remplacer un ouvrage détruit pendant la guerre et à franchir le lit du nouveau canal latéral au Main (réalisation de la voie fluviale Rhin-Main-Danube). Etude du projet, calculs, matériaux utilisés, exécution. — E. 47757.

CDU 624.28.014.2.

243^a-109. Reconstruction du pont de chemin de fer à double voie sur la Moselle à Eller (Allemagne) (Die Wiederherstellung der zweigleisigen Eisenbahnbrücke über die Mosel bei Eller). *GOLLUM (H.), GEILE (M.); Stahlbau*, All. (mars 1957), n° 3, p. 71-79, 17 fig. — Pont à poutres pleines continues de 281 m de longueur sur six travées de 37,5, 41,5, 38, 90, 38 et 36 m d'ouverture. — E. 46673.

CDU 624.27.014.2.

244-109. Pont-route sur la Bosna à Doboj (Yougoslavie). I. II. (Drumski most preko

reke Bosne kod Doboja). *VUCKOVIC (M.); Nase Graderinarstvo*, Yougosl. (avr. 1957), vol. 11, n° 4, p. NG. 100-NG. 108, 12 fig. (résumé français); (mai 1957), vol. 11, n° 5, p. NG. 119-NG. 123, 3 fig. (résumé français). — Pont à poutres en béton armé de 200 m de longueur sur douze travées. — Exposé des essais du pont : mesure des déformations dues à la mise en charge de l'ouvrage sous son propre poids, et des déformations sous charges mobiles (essais gênés par la crue de la rivière). — E. 47761, 47762.

CDU 624.27.012.45 : 69.001.5.

244^a-109. Les ponts sur l'Ij, entre Amsterdam et la mer (De 3de pontverbinding te Amsterdam). *RISSELADA (J.); Publ. Werk.*, Pays-Bas (fév. 1957), n° 2, p. 13-20, 15 fig. — Etude des ponts en béton armé et en béton précontraint de grande longueur (douze cent mètres), qui franchissent cette voie d'eau. Caractéristiques techniques des divers éléments, notamment des pieux de fondation, et méthodes de construction. Prix de revient. — E. 46678.

CDU 624.27.012.45 : 624.155.

245-109. Caractéristiques de construction et difficultés rencontrées dans la réalisation d'un nouveau pont en béton précontraint sur la Via Ripamonti à Milan (Particolari esecutivi e difficoltà superate nella realizzazione di un nuovo ponte in calcestruzzo precompresso in via Ripamonti a Milano). *DRAGONETTI (N.); Industr. ital. Cemento*, Ital. (avr. 1957), n° 4, p. 91-96, 10 fig. — Description des travaux de construction de ce pont à poutres à travée unique de 20,5 m de portée entre appuis. Longueur : 36 m. — E. 47782.

CDU 624.27.012.46.

246-109. Le pont de la Gottstattstrasse sur la Schüss à Bienne (Suisse) (Die Schüssbrücke der Gottstattstrasse in Biel). *HEER (A.), GRIMM (A.), JACOBSON (W.); Schweiz. Bauztg.*, Suisse (11 mai 1957), n° 49, p. 292-295, 14 fig., 5 réf. bibl. — Pont biais en virage relevé à travée unique en béton précontraint de 14 m de largeur et de 26 m de longueur. La construction a été étudiée sur un modèle en Trovidur à l'échelle de 1/40. — E. 47650.

CDU 624.27.012.46.

246^a-109. Pont en béton précontraint sur la rivière Sone à Chopan (Inde) (Prestressed concrete bridge across the river Sone at Chopan). *MATHEUR (B. S.); Ind. Concr. J.*, Inde (fév. 1957), vol. 31, n° 2, p. 41-47, 10 fig., 3 fig. h.-t. — Pont à poutres de 1 005 m de longueur sur vingt-deux travées de 45,5 m de portée. Fondations sur pieux tubulaires jumelés en béton armé. Emploi de béton à mortier activé. — E. 47040.

CDU 624.27.012.46 : 624.155.

247-109. Calcul et construction du pont en béton précontraint sur la rivière Coleroon (Inde) (Design and construction of the prestressed concrete bridge across river Coleroon). *NAMBIAR (K. K. et P. G.); J. Indian Roads Congress*, Inde (mars 1957), vol. 21, n° 2, p. 149-263, 88 fig., 6 réf. bibl. — Etude détaillée de ce pont-route à quatorze travées de 45,7 m de portée. Superstructure réalisée en poutres préfabriquées précontraintes. Dalle de tablier coulée sur place et précontrainte transversalement. Emploi du procédé Freyssinet. — E. 47435.

CDU 624.27.012.46 : 624.01.

247^a-109. Le pont sur le Rhin, à Rhenen (De brug over de Rijn bij Rhenen). *NEGRUN (D.); Polytech. t.*, Pays-Bas (28 fév. 1957), n° 9-10, p. 150b-161b, 27 fig. Le pont-rail construit en 1883 a été détruit en 1940. On a commencé sa reconstruction en 1954. Ce pont à poutres métalliques aura 520 m de long et 14,5 m de large avec quatre piles pour les travées d'accès et quatre piles en rivière. Le tablier métallique qui est à 5,5 m au-dessus du niveau moyen du Rhin sera achevé prochainement. Description des travaux exécutés et des différents éléments. — E. 46421.

CDU 624.27.014.2.

248-109. Le nouveau pont-route sur la Save entre Belgrade et Zemun (Yougoslavie). SCHÄFER (G.); *Acier*, Fr. (mai 1957), n° 5, p. 213-218, 15 fig. — Pont à poutres pleines de 411 m de longueur sur trois travées de 75, 261 et 75 m de portée. Charges prévues, détails de construction du tablier et des poutres principales, montage en porte-à-faux de la travée centrale. E. 47796. CDU 624.27.014.2.

248-109. Etudes sur les ponts-voûtes à dalles et à poutres. VI: Moments dans les ponts biais à poutres en I simplement appuyées (Studies of slab and beam highway bridges. Part VI: Moments in simply supported skew I-beam bridges). CHEN (T. Y.), SIESS (C. P.), NEWMARK (N. M.); *Univ. Ill. Bull.*, U. S. A. (jan. 1957), vol. 54, n° 37; *Univ. Ill. Engng. Exper. Stn. Bull.* n° 439, 72 p., nombr. fig., 12 réf. bibl. — Étude analytique d'un pont biais à une seule travée, formé d'une dalle de béton d'épaisseur uniforme portée par cinq poutres métalliques identiques, uniformément espacées et parallèles à la direction de la circulation. Conclusions. — E. 47188. CDU 624.043 : 624.27 : 624.016.

249-109. Le nouveau pont sur la Meuse à Venlo (Pays-Bas) (De nieuwe verkeersbrug over de Mass te Venlo). *Wegen*, Pays-Bas (mai 1957), n° 5, p. 133-137, 11 fig. — Pont à poutres mixtes fer-béton de 220 m de long en quatre travées (deux de 50 m et deux de 60 m environ). Description. Etudes. Montage. Essais. — E. 47916. CDU 624.27.016.

249-109. La reconstruction du viaduc de la Voulte. ESQUILLAN (N.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (juil.-août 1957), nos 115-116, (Travaux publics : 45), p. 613-640, 133 fig. — L'ancien viaduc de la Voulte détruit en 1944 a été remplacé par cinq travées identiques de 60 m de portée en béton précontraint. Chaque travée est constituée par des portiques de 56 m de portée entre axes des articulations et de 10 m de flèche. Le tablier de 5,5 m de largeur est à section tubulaire à trois alvéoles. Des travées indépendantes de 8 m de portée s'appuyant sur les béquilles assurent la continuité du tablier sur piles et sur culées. Le processus d'exécution d'une rive vers l'autre comportait essentiellement : la construction préalable et symétrique des béquilles d'une pile; la réalisation des traverses par voussoirs successifs en porte-à-faux à l'avancement et symétriquement par rapport à l'axe d'une travée, au moyen de coffrages semi-glissants supportés par des passerelles suspendues à un pont Bailey. Un mode de précontrainte au moyen de faisceaux de fils mis en tension par déviation hélicoïdale a été imaginé et mis au point spécialement pour ce viaduc. — E. 48983. CDU 624.27.012.46.

249-109. Le pont franchissant la ligne de chemin de fer à Baden-Oos (Allemagne) (Brücke über die Bundesbahn bei Baden-Oos). WERSE (H.-P.); *Beton Stahlbetonbau*, All. (mars 1957), n° 3, p. 67-71, 16 fig., 6 réf. bibl. — Dalle continue en béton précontraint sur trois ouvertures de 11,6, 20,75 et 11,6 m de portée. — Précontrainte réalisée selon le système Baur-Leonhardt. — Particularités de construction; calcul statique. — E. 46685. CDU 624.27.012.46 : 624.073/5.

250-109. Le pont de Karmsund (Norvège). — *Acier*, Fr. (avr. 1957), n° 4, p. 153-158, 12 fig. — Description de l'ouvrage dont la travée principale est un arc à deux articulations en treillis métallique de 184 m de portée et 58 m de flèche. Le tablier est placé pour donner un tirant d'air de 45 m sur une largeur de 90 m. La dalle de platelage est en béton armé. Les travées d'accès, en tracé courbe, sont réalisés en béton armé; poutres continues sur montants en cadres. — E. 47303. CDU 624.6.014.2 : 624.27.012.45.

251-109. Le nouveau pont sur l'Adda entre Vaprio et Canonica (Italie) (Il nuovo ponte

sull'Adda tra Vaprio e Canonica). ZAMBONI (D.); *Strade*, Ital. (juin 1957), n° 6, p. 239-249, 15 fig. — Pont en arc en béton armé à travée unique de 88,6 m de portée à tablier inférieur. — E. 48301. CDU 624.6.012.45.

252-109. Le pont de Puddefjord (Bergen) (Puddefjordsbroen). TRUMPY (C.); *Nordisk Betong*, Suède (1957), n° 1, p. 9-35, 23 fig. (résumé anglais). — Pont en arc en béton armé de 150 m de portée, 461 m de long, 14 m de large, 28 m de tirant d'air, construit de 1954 à 1956. Description détaillée. — E. 46985. CDU 624.6.012.45.

253-109. Reconstruction du pont de Sarrelouis. JEAN-BLOCH (T.), BRISAC (M.); *Travaux*, Fr. (juin 1957), n° 272, p. 332-336, 9 fig. — Pont à trois travées en arc en béton précontraint et à tablier supérieur de 145 m de longueur. — E. 48084. CDU 624.6.012.46.

254-109. Le pont de Büchenau, nouveau pont à câbles obliques de la route nationale 35 à Bruchsal (Allemagne) (Die Büchenauer Brücke, eine neue Schrägseilbrücke der Bundesstrasse 35 in Bruchsal). KUNZ (R.), TRAPPMANN (H.), TRÖNDLE (E.); *Stahlbau*, All. (avr. 1957), n° 4, p. 98-102, 12 fig. — Ouvrage à tablier métallique dont les poutres principales sont suspendues par câbles obliques. Portée : 58 m. Longueur totale : 85 m. — E. 47401. CDU 624.5/27 : 624.014.2.

255-109. Le pont flottant de Kelowna (Canada) (The Kelowna floating bridge). PEGUSCH (W. jr.); *Engng J.*, Canada (avr. 1957), vol. 40, n° 4, p. 413-421, 7 fig., 1 réf. bibl. — Étude du projet, exposé des travaux en cours. Longueur totale : 3 200 m. La section flottante comprend douze éléments en béton armé réunis rigidement de façon à former un ponton continu de 640 m de longueur. — E. 47565. CDU 624.7/87 : 624.014 : 624.012.45.

255-109. Nouvelles méthodes et procédés de construction employés lors de la reconstruction des ponts-voûtes en Hongrie I. II. (fin) (Neuere Methoden und Konstruktionen bei der Wiederherstellung von Strassenbrücken in Ungarn). SZÉCHY (K.); *Bauplan.-Bautech.*, All. (fév. 1957), n° 2, p. 67-71, 17 fig.; (mars 1957), n° 3, p. 113-119, 27 fig. — Fondations, piles, culées. Méthodes de montage. — E. 46007, 46506. CDU 624.21.05 : 624.16 (439.1).

256-109. L'échafaudage du pont Weinland à Andelfingen (Suisse) (Lehrgerüst der Weinlandbrücke bei Andelfingen). KAEGLI (H.); *Hoch-Tiefbau*, Suisse (25 mai 1957), n° 21, p. 181-187, 13 fig. — Étude de l'organisation du chantier de construction de ce pont à poutres en béton précontraint à quatre travées de 66, 88, 76 et 57 m d'ouverture. — E. 47871. CDU 624.21.057.6 : 624.27.012.46.

257-109. Constitution et mise en place des câbles du pont de Mackinac (Tramways feature lightweight catwalk installations for spinning Mackinac's record cables). *Engng News-Rec.*, U. S. A. (28 mars 1957), vol. 158, n° 13, p. 55-56, 58, 60, 7 fig. — E. 47953. CDU 624.071.2 : 624.5.

Fif muj Pont à travées de grande portée.

258-109. Ponts à travées de grande portée en béton précontraint construits selon le procédé Freyssinet (Long-span prestressed concrete bridges constructed by the Freyssinet system). GUYON (Y.); *Proc. Instn. Civ. Engrs.*, G.-B. (mai 1957), vol. 7, p. 110-179, 61 fig., 11 fig. h.-t., 45 réf. bibl. — Étude sommaire des considérations qui dictent le choix du type de pont; avantages du béton précontraint sur les autres matériaux. Calcul des divers éléments : piles, culées, fondations, avantages

des béquilles obliques pour les portiques. Revue des procédés de construction. Nombreux exemples d'ouvrages déjà réalisés ou encore à l'étude. Discussion. E. 47637. CDU 624.21.012.46.

Fo INCIDENCES EXTÉRIEURES

Foc Entretien, Réparations.

Cbmportement des ouvrages, Déplacements des ouvrages.

258-109. Contrôle, après treize ans de service, de poutres en béton précontraint par fils d'acier prétendus (Prüfung von Stahlsaitenbetonträgern im Alter von 13 Jahren). JUNG (E.); *Beton Stahlbetonbau*, All. (mars 1957), n° 3, p. 65-67, 9 fig., 1 réf. bibl. — E. 46685. CDU 69.001.5 : 624.072.2 : 693.564.2.

259-109. Les barrages-voûtes : compte rendu sur leur comportement (Arch dams : review of experience). GLOVER (R. E.); *J. Power Div.*, U. S. A. (avr. 1957), n° PO2 : *Proc. A. S. C. E.*, vol. 83, Pap. 1217, 48 p., 55 fig. — Caractéristiques et comportement de quelques-uns des plus anciens barrages-voûtes. Commentaires. — E. 47616. CDU 627.8 : 624.072.32 : 69.059.4.

260-109. Mesures effectuées in situ sur un pont de construction mixte poutre-dalle (Field measurements on a composite slab girder bridge). HONDROS (G.), MARSH (G.); *Civ. Engng.*, G.-B. (mai 1957), vol. 52, n° 611, p. 557-559, 8 fig., 3 réf. bibl. — Étude du comportement du Causeway Bridge, à Perth, en Australie. Il s'agit d'un ouvrage à tablier en béton armé sur poutres pleines soudées reposant librement sur des piles en béton. Emploi d'extensomètres. — E. 47781. CDU 531.7 : 624.27.016 : 624.043/4.

261-109. Manuel des travaux d'entretien (Maintenance engineering handbook). MORROW (L. C.); Edit. : *McGraw-Hill Book Co.*, G.-B. (1957), 1^e éditn, 1 vol., xiii + 1516 p., nombr. fig. réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 2249 au chapitre II « Bibliographie ». — E. 48178. CDU 69.059.1 : 651.2 : 696/7 (03).

262-109. Travaux de réfection des galeries de dérivation de l'aménagement hydroélectrique de Communacqua exécutés avec emploi d'injections de mélanges ternaires (Lavori di risanamento delle gallerie di derivazione dell'impianto idroelettrico di Comunacqua mediante iniezioni di miscela ternaria). PEDICONI (M.), GUIDUCCI (M. F.); *Energ. elettr.*, Ital. (avr. 1957), vol. 34, n° 4, p. 357-368, 18 fig. — E. 48186. CDU 69.059.25 : 628.14 : 624.19.

263-109. Réalisation de canalisations de drainage internes dans les parois de la conduite forcée de San Giacomo al Vomano (Italie) (Applicazione di drenaggi al pozzo forzato della centrale di San Giacomo al Vomano). ANGELINI (A. M.); *Energ. elettr.*, Ital. (avr. 1957), vol. 34, n° 4, p. 351-356, 5 fig., 1 réf. bibl. — Étude d'une conduite forcée verticale de 665 m pourvue sur toute sa longueur de six canaux de drainage semi-circulaires. — E. 48186. CDU 628.14 : 621.311 : 693.5 : 699.82.

263-109. Redressement d'un château d'eau incliné et consolidation du sol de fondation par traitement thermique (Redresarea unui castel de apa inclinat si consolidarea terenului de fundatie prin tratare termica). STANCIULESCU (I.), IORDACHE (G. H.); *Industr. Constr. Mater. Constr.*, Roum. (1957), n° 4, p. 197-204, 10 fig., 3 réf. bibl. — E. 47921. CDU 69.059.32 : 628.13 : 624.138.

Fod Modifications, Démolitions. Désordres. Renforcement.

264-109. Amélioration de la plateforme de l'aéroport Dr. Albert Plesman à Curaçao (Het verbeteren van het platform van de Dr. Albert-Plesman-luchthaven te Curaçao). *Lab. Grondmechan. (L. G. M.)*, Pays-Bas (avr. 1957), Mededel. n° 4, p. 176-233, 46 fig., 7 réf. bibl. — La plateforme de l'aéroport de Curaçao a une force portante trop faible pour les appareils actuels. Par ailleurs, le système de drainage est insuffisant. La force portante de la plateforme a été calculée à la suite de l'essai C. B. R. et des essais de charge sur plaques. Description des deux procédés. Pour améliorer la plateforme on a appliqué une couche de pierres calcaires avec tapis d'asphalte sur la plateforme existante. L'épaisseur de ce revêtement a été déterminée d'après les résultats des essais. En outre, des essais de laboratoire ont été effectués pour déterminer les caractéristiques du sol de fondation. — E. 47540.

CDU 629.139.1 : 69.059.32 : 624.131.38.

264a-109. Désordres survenus à des constructions (Terrassements, Barrages, Ouvrages à la mer. Bâtiments. Ponts. Ouvrages souterrains. Problème des vibrations. Constructions soudées) (Engineering structural failures — Earthworks. Dams. Maritime structures. Buildings. Bridges. Underground works. Vibration problems. Welded structures). HAMMOND (R.); Edit. :

Odham's Press Ltd, G.-B. (1956), 1^{re} éditn, 1 vol., 224 p., nombr. fig., nombr. réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 2240 au chapitre II. « Bibliographie de la D. T. 108 d'oct. 1957. » — E. 48118.

CDU 69.059.2 : 624.01 (03).

264b-109. Essais sur modèles pour l'étude des destructions du littoral à la naissance des ouvrages de protection côtière (Modellversuche über den Strandabbruch an den Enden von befestigten Küstenstrecken-Lee-erosion). HENSEN (W.); *Mitteil Hannoverschen Versuchsanstalt Grundbau Wasserbau*, All. (1957), n° 10, p. 86-119, 1 fig., 115 fig. h.-t., 49 réf. bibl. — E. 47338.

CDU 627.52 : 69.059.2 : 69.001.5.

264c-109. Recherches sur la fissuration de manchons de béton entourant un rond sollicité en traction pure. LAZARD (A.); *Mém. A. I. P. C.* Suisse (1956), 16^e vol., p. 345-356, 12 fig., 3 réf. bibl. (en français; résumés allemand, anglais), — E. 45963.

CDU 620.1 : 693.55 : 69.059.2.

264d-109. Conclusions tirées de l'effondrement de piliers en maçonnerie (en russe). Stroitel. Promychn., U. R. S. S. (déc. 1956), n° 12, p. 12-19, 12 fig., 2 réf. bibl. — E. 45451.

CDU 69.059.22 : 624.072.3 : 693.1.

265-109. Recherches en laboratoire sur les causes de l'effondrement d'un portique (Laboratory investigation of rigid frame failure). ELSTNER (R. C.), HOGNESTAD (E.); *J. A. C. I.*, U. S. A. (jan. 1957), vol. 28, n° 7, p. 637-668, 15 fig., 6 réf. bibl. — Reproduction en labo-

ratoire du type de fissuration diagonale qui s'est produit avant l'effondrement; essais de portiques de conception améliorée; mise au point de procédés destinés à renforcer les portiques existants. — E. 46533.

CDU 69.059.2 : 624.072.33 : 624.012.45.

266-109. Effondrement de portiques (Rigid frame failures) ANDERSON (B. G.); *J. A. C. I.*, U. S. A. (jan. 1957), vol. 28, n° 7, p. 625-636, 7 fig. — Les efforts de cisaillement auxquels sont soumis les éléments en béton armé ne sont pas parfaitement connus, et dans plusieurs cas des erreurs de conception ont provoqué de graves désordres. Ce fut le cas notamment lors de l'effondrement de portiques dans des entrepôts construits pour l'aviation militaire des U. S. A. — Description générale des désordres, étude des matériaux et des procédés de construction utilisés. Considérations générales sur le calcul au cisaillement. — E. 46533.

CDU 69.059.2 : 624.072.33 : 624.012.45.

266a-109. La rupture du barrage de Pampulha (Brésil) (A ruptura do barragem da Pampulha). VARGAS (M.), COSTA NUNES (A. J. DA), CARVALHO LOPES (J. de), CONTINENTINO (L.), FEDERICO (D.); Edit. : *Inst. Pesquisas Technol.*, Brésil (1955), 1 vol., publ. n° 529, 109 p., 53 fig., 1 fig. h.-t., 2 pl. h.-t. (résumé anglais). — Voir analyse détaillée B. 2231 au chapitre II « Bibliographie » de la D. T. 108 d'oct. 1957. — E. 47464.

CDU 627.89 : 691.4 : 624.131.4/6 (03).

II. — BIBLIOGRAPHIE

Chaque analyse bibliographique donnant le nom et l'adresse de l'éditeur et le prix de vente, les adhérents de l'Institut Technique sont priés de s'adresser directement aux éditeurs et aux librairies pour se procurer les ouvrages qu'ils désirent acquérir, toutefois pour les ouvrages édités à l'étranger, il est préférable de les commander par l'intermédiaire de librairies spécialisées dans l'importation. Tous renseignements complémentaires seront fournis sur demande par l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, 6 rue Paul-Valéry, Paris XVI^e.

B-2233. Les éléments préfabriqués dans les constructions. vol. I et II (Prefabricate in constructii). LUPAN (M.), NEGRU (R.), ANDONIE (M.); Edit. : *Editura Tehnica*, I Str. Beldiman 2, Bucarest, Roum., 2 vol. (15 × 21 cm), vol. I (1953), 480 p., 208 fig., 20 réf. bibl., L. 28, 45; vol. II (1957), 690 p., 620 fig., 22 fig. h.-t., 82 réf. bibl., L. 32,40. — Ces deux volumes sont les premiers d'un ouvrage qui doit en comprendre quatre et constituer une véritable « somme » de la préfabrication à l'usage des techniciens de la construction, ingénieurs et architectes roumains. — Le t. I comprend deux parties : 1^o ateliers et usines de préfabrication; 2^o les matériaux et produits semi ouvrés utilisés. Technologie du béton. Les bétons pour pièces préfabriquées. Les moules. L'accélération du durcissement des bétons. Les procédés de mise en tension des armatures dans le béton précontraint. — Le t. II est divisé en trois parties : 1^o la technologie des éléments préfabriqués en béton et béton armé (poutres, plaques, tuyaux, panneaux); 2^o étude particulière des éléments préfabriqués en béton et béton armé pour la construction des bâtiments (principes généraux, parties de bâtiments exécutées en éléments préfabriqués, assemblage des éléments préfabriqués); 3^o le montage des éléments préfabriqués (outillage et méthodes de montage). — E. 47896, 47897.

B-2234. Les bétons légers ordinaires et armés (Betoane usoare simple si armate). MIRSU (O.); Edit. : *Institutul Politehnic din Timisoara*, Facultatea de Constructii, Piata Horafiu n° 1, Timisoara, Roum. (1957), 1 vol. (21 × 30 cm), 252 p., nombr. fig., 52 fi h.-t. nombr. réf. bibl.g., — Monographie sur les bétons légers, présentant quelques études et recherches expérimentales

faites par l'auteur dans les Laboratoires de Béton armé de l'Institut Polytechnique à Timisoara (Roumanie). — L'ouvrage est divisé en trois parties, traitant successivement des bétons poreux avec agrégats minéraux, des bétons cavernaux, des bétons cellulaires et de leurs conditions d'utilisation dans la construction. Une attention toute particulière a été accordée aux problèmes de la résistance des bétons légers, de leurs déformations et des armatures. — E. 48153.

B-2235 Mesures d'encouragement à la construction. Guide pratique du constructeur. — Edit. : *Fédération nationale du Bâtiment et des Activités annexes*, 33, av. Kléber, Paris, Fr. (1957), 7^e éditn, 1 vol. (16 × 23 cm), 431 p., fig., 2 pl. h.-t. F 1 450. — (Sté d'Éditions du Bâtiment et des Travaux publics, 8 quai de Gesvres, Paris 4^e). — L'ouvrage est destiné aux candidats-proprétaires. Il a été conçu pour leur permettre de voir clair dans le dédale de la réglementation de la construction. Ils trouveront dans la 1^{re} partie des conseils pratiques sur les problèmes qui se posent avant le démarrage des travaux : choix du terrain et établissement des marchés. — La 2^e partie rappelle dans quels cadres juridiques les opérations de construction sont susceptibles de se dérouler. — La 3^e partie constitue la partie essentielle de l'ouvrage et comporte toutes les indications permettant aux candidats-proprétaires d'établir le programme financier de l'opération projetée. — La 4^e partie est consacrée aux modalités d'acquisition d'un logement existant, à l'entretien et à l'amélioration des logements, à la transformation des immeubles. — La 5^e partie traite de l'habitat rural. — E. 48303.

B-2236. Soudure des plastiques. Tome I. — Généralités. HAIM (G.), ZADE (H. P.); Edit. : *Dunod*, 92, rue Bonaparte, Paris, Fr. (1950), (1 vol. (16 × 24,5 cm), viii + 200 p., 115 fig. 281 réf. bibl., F. 1180 (Le t. II. — *Polyéthylène*, paraîtra dans notre DT. 110 de décembre 1957 — au chapitre « Bibliographie » sous le n° B 2259) — Dans cet ouvrage, traduit de l'américain, les auteurs traitent de la technique de la soudure des thermoplastiques et des différentes méthodes de soudage pratiquées dans les divers pays. — Chimie et physique des plastiques soudables, technologie des plastiques soudables. — Soudure par gaz chauds, par outils chauffants, par haute fréquence. Étude des autres procédés de soudure, descriptions des machines à souder continues. — Applications industrielles, formations des soudeurs. — Index des marques commerciales de thermoplastiques, bibliographie des brevets. — E. 48271.

B-2237. Mécanique des sols appliquée aux travaux publics et au bâtiment. TERZAGHI (K.), PECK (R. B.); Edit. : *Dunod*, 92, rue Bonaparte, Paris, Fr. (1957), 1 vol. (16 × 24,5 cm), xx + 565 p., 446 fig., nombr. réf. bibl. (Traduction de la 4^e éditn en langue anglaise parue sous le titre : « Soils Mechanics in engineering practice », Edit. : John Wiley and Sons, New York). — Cet ouvrage capital du fondateur de la mécanique des sols est une synthèse des données dont on dispose actuellement sur le comportement des sols, dans laquelle le professeur Terzaghi confronte les opinions les plus couramment répandues avec les données de son expérience personnelle. — La première partie traite des propriétés physiques des sols et la deuxième des théories de la mécanique des

sols. Ces deux premières parties sont très courtes et renferment tout ce qu'un élève-ingénieur ou un ingénieur moyen est appelé à connaître à l'heure actuelle de la mécanique des sols. — La troisième partie constitue l'essentiel de l'ouvrage. — Elle renseigne sur les moyens qui permettent de parvenir, sans dépenses excessives, à des résultats satisfaisants dans la réalisation des fondations et des ouvrages en terre. — Elle commence par une revue critique des méthodes conventionnelles et se poursuit par la présentation méthodique des progrès réalisés grâce aux résultats des recherches effectuées dans le domaine de la mécanique des sols. — Propriétés caractéristiques des sols, propriétés hydrauliques et mécaniques des sols, drainage des sols. — Équilibre plastique dans les sols, tassement et pression de contact, hydraulique des sols. — Reconnaissance du sol, pression des terres et stabilité des talus, fondations, tassements dus à des causes exceptionnelles. — E. 48578.

B-2238. Matières plastiques. Tome I. II. JOURNAL (J.); Édit.: Dunod, 92, rue Bonaparte, Paris, Fr. (1955), 2 vol. (9,5 × 15), t. I. — xxiii + 239 + lxxiv p., nombr. fig., F 480. — II. — xvii + 350 + lxxiv p., fig., F. 480. — T. I. — L'ouvrage constitue un guide concis mais complet pour tous ceux qui, non spécialistes des matières plastiques, sont appelés à les utiliser dans leurs nombreuses applications. Il décrit les diverses résines, leur constitution chimique, leurs applications pratiques, et comporte un tableau qui, rassemblant près de 3 000 noms commerciaux, indique la composition chimique correspondant à chaque marque, les noms des fabricants, et les applications essentielles de chaque produit. — Matières premières de base, élaboration des résines synthétiques, formes commerciales des matières plastiques, mise en œuvre et façonnage, formage et usinage des demi-produits. Finissage, traitement de la surface, films et feuilles, fils et fibres, stratifiés, produits mousses, matériaux cellulaires. — Colles, peintures, solvants, plastifiants. — Prix des résines synthétiques. — Liste alphabétique de matières plastiques commerciales avec origine, composition, adresse du fabricant. T. II. — Phénoplastes : résines du type phénol-formol, résines phénol-furfuryl, résines resorcinol-formol, autres résines phénoliques. Aminoplastes : résines d'urée, de mélomine et thiourée, résines d'aniline. Polyesters. Polyamides. Polyuréthanes et dérivés. Résines éthyloxyliques (ou époxides). Les silicones. Polyvinyls. Polyoléfines. Caoutchoucs naturels et synthétiques. Polyfluoréthènes. Dérivés celluloseux. Matières plastiques à base de protéines. Résines furfuryliques. — E. 47994, 49676.

B-2239. La préfabrication. NOUAILLE (R.); Édit.: Eyrolles, 61, bld. Saint-Germain, Paris, Fr. (1957), 1 vol. (15,5 × 24,5 cm), 231 p., 84 fig., F 1 800. — Le présent ouvrage donne sous une forme claire un exposé pratique sur la préfabrication du bâtiment qui, après une longue période préparatoire, a pris au cours des dernières années un développement remarquable. Après un bref historique faisant ressortir la continuité des méthodes, l'auteur définit les buts poursuivis par les procédés nouveaux. Il passe ensuite en revue les matériaux modernes qui en ont permis la réalisation et expose les différents modes de préfabrication adoptés dans les corps de métiers suivants : gros œuvre, menuiserie, équipements, aménagement et décoration. Un chapitre est réservé à l'outillage de la préfabrication, avec étude de l'usine de fabrication d'éléments et du chantier de montage. La dernière partie décrit les conséquences de la préfabrication pour l'architecte, pour l'organisation des entreprises, pour la promotion ouvrière, et examine ses répercussions dans l'ordre économique. — E. 47912.

B-2240. Le calcul et la vérification des ouvrages en béton armé (Théorie et applications). CHARON (P.); Édit.: Eyrolles, 61, Bld Saint-Germain, Paris, Fr. (1957), 1 vol. (15,5 × 24,5 cm), 566 p., nombr. fig., 3 fig. h.-t., F 3 585. — L'objet du présent ouvrage est d'exposer à partir des règlements en vigueur, et notamment des règles B. A. 45, les méthodes de calcul propres au béton armé, et de donner au lecteur, même s'il ne possède que des connaissances élémentaires en résistance des matériaux, toutes les indications permettant d'établir les plans nécessaires au chantier pour réaliser un ouvrage en béton armé, si complexe soit-il. Pour parvenir à ce résultat l'auteur a fait suivre chaque développement théorique d'exemples numériques entièrement traités, et a réservé une place importante aux applications du béton armé; dans ces applications le calcul a d'ailleurs été complété par les plans de ferrailage qui s'en déduisent. — La première partie traite des matériaux entrant dans la constitution du béton armé et des propriétés qui résultent de leur association. — La deuxième partie est consacrée aux méthodes de calcul : hypothèses servant de base aux calculs, règlements en vigueur, contraintes admissibles. Compression, traction, flexion simple, flexion composée, flexion déviée, effort tranchant, adhérence, ancrage. Torsion, déformations. Cercle de Mohr. Mise en œuvre du béton armé. Idées nouvelles sur le calcul et l'exécution du béton armé : calcul à la rupture, béton précontraint. — La troisième partie passe en revue les applications du béton armé : ossatures, fondations, toitures, escaliers murs de soutènement, ponts, poutres, réservoirs, conduites circulaires. — La quatrième partie étudie la vérification des projets de béton armé. — E. 48526.

B-2241. Entrepreneurs et entreprises. Livre d'or de l'Entreprise française. T. II. — Édit.: *Moniteur des Travaux publics et du Bâtiment*, 32, rue Le Peletier, Paris, Fr. (juin 1957), 1 vol. (32 × 31,5 cm), 174 + lxxv p., fig., F 2150. — Comme le tome I, le présent ouvrage est consacré à l'histoire d'un certain nombre d'entreprises françaises des travaux publics et du bâtiment, et à la description de leurs réalisations les plus remarquables. Il comporte en outre des études d'éminents spécialistes sur les sujets suivants : progrès dans le génie civil par l'initiative de l'entreprise française; les vicissitudes d'une industrie naissante, l'Administration et l'entreprise du bâtiment, les travaux de génie rural et l'entreprise, la collaboration des services et laboratoires de l'Administration avec l'entreprise routière, le rôle de l'entreprise dans l'édification des ports, l'évolution de l'équipement de l'habitat et l'entreprise. — E. 48763.

B-2242. Recueil des textes officiels réglementant les révisions des prix et des marchés. — Édit.: *Moniteur des Travaux publics et du Bâtiment*, 32, rue Le Peletier, Paris, Fr. (12 juil. 1957), numéro hors série, 1 vol. (24,5 × 31,5 cm), x + 156 + xviii p., fig., F 800. — Numéro hors série dans lequel ont été regroupés les nombreux textes officiels parus. — Chapitre I : Le règlement des marchés de l'État et des établissements publics nationaux non soumis aux lois et usages du commerce (principaux textes de base). — Chapitre II : Le blocage des prix des produits et des services. — Chapitre III : Les dérogations et mesures d'assouplissement. — Chapitre IV : Les documents officiels propres à chaque ministère. — Chapitre V : Les marchés de fournitures (textes particuliers). — Table chronologique des textes et table analytique des principaux points réglementés par les textes officiels. E. 48746.

B-2243. 75 ans de records. Travaux publics de France. — *Editn Science et Industrie*, 6, av. Pierre-1^{er}-de-Serbie, Paris, Fr. (1957),

Suppl. à la revue *Travaux*, n° 273 bis, 1 vol. (24 × 32 cm), 112 p., 185 fig. — Album édité à l'occasion du 75^e anniversaire de la fondation du Syndicat professionnel des Entrepreneurs de Travaux publics de France et d'Outre-mer. — L'ouvrage met en relief la contribution que depuis 1882 l'Entreprise française de travaux publics n'a cessé d'apporter au développement de la richesse nationale. On y trouvera de très nombreuses illustrations, dessins et reproductions photographiques d'ouvrages choisis parmi les réalisations les plus caractéristiques. — E. 48381.

B-2244. Guide pratique pour l'emploi du contreplaqué « extérieur ». — Édit.: *Centre technique du Bois*, 2, rue de la Michodière, Paris, Fr. (1957), 1 vol. (11,5 × 17,5 cm), 24 p., 20 fig., F 130. — L'opuscule rappelle en premier lieu les définitions, caractéristiques et conditions d'emploi du matériau; viennent ensuite quelques pages de croquis expliqués destinés à montrer aux utilisateurs les divers modes de réalisations des joints étanches et les différents procédés pratiques pour la fixation des panneaux et la construction de parois en contreplaqué. En annexe, spécifications de la marque de qualité CTB X. — E. 48215.

B-2245. La peinture en bâtiment. Prescriptions techniques. — *L'Information du Bâtiment*, 100, rue du Cherche-Midi, Paris, Fr. (mai 1957), 1 vol. (22 × 27 cm), 148 p., fig., F 2 495. — (Présenté par le *Centre d'Information et de Documentation du Bâtiment*) — Une commission d'études techniques composée d'architectes, d'entrepreneurs et de fabricants de peinture a travaillé pendant plus d'un an à la mise au point de prescriptions techniques générales concernant l'emploi et l'application des peintures dans le bâtiment. Ses travaux ont abouti à la rédaction du présent ouvrage. Il est présenté de façon que l'utilisateur trouve rapidement, à partir du problème particulier auquel il doit faire face, quelles sont les opérations indispensables à effectuer et les genres de peinture à employer pour obtenir les meilleurs résultats. Principes généraux des travaux de peinture. Classifications diverses des peintures, classification AFNOR, spécifications U. N. P. V. F., lexique des produits et peintures classiques, caractéristiques des peintures modernes. Nomenclature et caractéristiques des couleurs, compatibilité et incompatibilité des couleurs entre elles. Considérations sur le problème financier. — E. 48287.

B-2246. Transport du gaz à longue distance aux États-Unis. — Édit.: *Agence européenne de Productivité de l'Organisation européenne de Coopération économique (O. E. C. E.)*, 2, rue André-Pascal, Paris, Fr. (juil. 1956), projet n° 118, 1 vol. (15,5 × 24 cm), 197 p. 61 fig., 500 Fr. — Texte du rapport établi à la suite d'une mission d'assistance technique organisée dans le but d'étudier le transport du gaz à longue distance tel qu'il est pratiqué aux États-Unis. — Traitement du gaz avant transport, caractéristiques des réseaux de transport et des stations de compression. Accessoires de réseau, protection cathodique, stockage souterrain du gaz naturel, stations de détente et de comptage. Traitement en cours de transport. Contrôle et exploitation des réseaux de transport. Contrôle gouvernemental. Problèmes de vente. Quelques aspects de la vie des sociétés de transport aux États-Unis. — E. 48307.

B-2247. La pratique américaine dans la construction et les travaux publics. vol. III. (American civil engineering practice). ABBETT (R. W.); Édit.: *John Wiley and Sons Inc.*, 440 Fourth Avenue, New York 16, N. Y., U. S. A. (24 juin 1957), 1 vol. (14 × 21,5 cm), xiii + 1263 + xvi p., nombr. fig., \$ 25 — Comme pour les volumes I et II qui ont fait l'objet d'une analyse dans la Documentation techni-

que nos 111-112 de mars-avril 1957, chaque chapitre du volume III a été rédigé par un spécialiste réputé. — Théorie des constructions. Maçonnerie en béton armé ou non armé. — Étude des constructions en béton précontraint. — Semelles, piles et culées. — Murs de soutènement. — Ponts métalliques ou en béton armé. — Bâtiment : types de construction, règlements, bâtiments en béton armé, ou à ossature métallique. — Emploi de la construction métallique pour la réalisation de tours, pylônes, réservoirs, trémies; construction métallique légère. — Constructions en béton armé : cheminées, silos, trémies, ascenseurs, réservoirs et fondations pour turbines. — Étude de la construction en bois. — Séismes et calcul des constructions antisismiques. — E. 48525.

B-2248. Spécifications relatives à la construction des revêtements routiers à base de bitume. Edit. : *The Asphalt Institute*, University of Maryland, College Park, MD, U. S. A. (1957), 1 vol. (13,5 × 18 cm), 350 p., fig., 2 700 Fr. — En vente à : Technique et Documentation, 11 rue Lavoisier, Paris, Fr. — Traduction française par LERY (G.); de l'ouvrage américain publié par « The Asphalt Institute ». — Texte des spécifications relatives aux sujets ci-après : imprégnation, enduits superficiels, enrobage à même la route, couches de fondation, mélange préparé en centrale et posé à froid, revêtements préparés en centrale et posés à chaud, travaux de raccord, correction et entretien. — E. 48305.

B-2249. Manuels des travaux d'entretien (Maintenance engineering handbook). MORROW (L. C.); Edit. : *McGraw-Hill Book Company*, (McGraw-Hill House, 95 Farringdon Street Londres E. C. 4, G.-B. (1957), 1^{re} édition, 1 vol., 16 × 23,5 cm), xiii + 1516 p., nombr. fig., réf. bibl., 150/— Cet important ouvrage, illustré de nombreuses photographies, plans et dessins, étudie en détail toutes les opérations qui incombent aux services d'entretien des installations de production et d'équipement dans les différentes branches de l'industrie. Et dans les différents types de constructions, il constitue ainsi, d'une part, un ouvrage de référence de premier ordre à la rédaction duquel ont collaboré de nombreux spécialistes, d'autre part un guide pratique et à jour destiné aux personnel d'entretien. — Organisation et gestion du personnel d'entretien; planning des travaux d'entretien, prix de revient. Étude de l'entretien des bâtiments, des installations électriques et mécaniques, des installations de conditionnement de l'air et de ventilation, des pompes, ascenseurs, installations de chauffage, canalisations, engins de transport et de manutention. Dispositifs de graissage, instruments de mesure. Technique du soudage. Prévention de la corrosion. — E. 48178.

B-2250. Éléments de construction des bâtiments. Vol. III. (Building elements). DAVIES (R. L.), PETTY (D. J.); Edit. : *Architectural Press* 9-13 Queen Anne's Gate, Westminster Londres S. W. 1, G.-B. (1956), 1 vol. (14 × 23 cm), 384 p., 255 fig., 31 réf. bibl., 37 s. 6 d — Deux grandes divisions : le rôle protecteur des éléments de construction (protection contre les intempéries, isolement thermique, isolement acoustique, protection contre l'incendie) et la conception des différents éléments pour leur

permettre de remplir ce rôle. — Dans la seconde partie, les auteurs étudient, à l'exclusion du calcul proprement dit des structures, le mode de réalisation des murs, cloisons, toits, planchers, escaliers, cheminées, fenêtres et portes. — Bibliographie à la fin de chaque chapitre. — E. 48903.

B-2251. La construction en béton armé. III : Exemples d'études d'ouvrages pour la réalisation de bâtiments et de constructions industrielles (Der Stahlbetonbau. III : Entwurfsbeispiele im Hoch- und Industriebau). KERSTEN (C.), KUHNERT (H.); Edit. : *Wilhelm Ernst und Sohn*, Hohenzollerndamm 169, Berlin-Wilmersdorf, All. (1957), 10^e édition, 1 vol. (15,5 × 21,5 cm), viii + 279 p., 492 fig., DM 23,50. — Édition entièrement refondue pour tenir compte des progrès réalisés depuis une dizaine d'années dans la construction en béton armé. Les exemples de dimensionnement, destinés principalement aux étudiants, rendront également de précieux services aux architectes et aux ingénieurs. Ils ont été choisis dans tous les domaines du bâtiment : poutres, dalles, planchers, poutres continues, poteaux, fermes, couvertures, escaliers; fondations; portiques et ossatures. — E. 48737.

B-2252. Coffrages et échafaudages. Technique moderne du coffrage (Schalung und Rüstung. Moderne Schalentechnik). BOHM (F.), LABUTIN (N.); Edit. : *Wilhelm Ernst und Sohn*, Hohenzollerndamm 169, Berlin-Wilmersdorf, All. (1957), 4^e édition, 1 vol. (18 × 24,5 cm), vii + 241 p., 251 fig., DM 36. — Abondamment illustré, l'ouvrage constitue une étude complète et pratique dans laquelle l'auteur s'efforce d'exposer, outre les méthodes traditionnelles, les nouveautés, d'après-guerre qui paraissent les plus viables. L'ouvrage s'adresse à l'entrepreneur, à l'ingénieur et à l'étudiant. Généralités, matériaux utilisés pour la confection des coffrages, leurs caractéristiques. Étude des divers éléments d'un coffrage. Projet et conception des coffrages; précautions à prendre lors du décoffrage. Description des divers types d'échafaudages de travail. — E. 48577.

B-2253. Manuel des essais de matériaux. T. III : Essais des matériaux non métalliques (Handbuch der Werkstoffprüfung. III : Die Prüfung nichtmetallischer Baustoffe). GRAF (O.) Edit. : *Springer-Verlag*, Abt. VI, Reichpietschauer 20, Berlin W. 35, All. (1957), 2^e édition, 1 vol. (17 × 25 cm), xxxi + 1026 p., 690 fig., nombr. réf. bibl., DM 138. — Nouvelle édition, considérablement augmentée et entièrement refondue et mise à jour de cet important ouvrage collectif, publié sous les auspices des Laboratoires d'Essais des Matériaux et de divers organismes de recherche allemands ainsi que du Laboratoire fédéral d'Essais des Matériaux de Zurich. — Essais des bois. — Pierres naturelles. Produits céramiques. Chaux. Ciments. Mortiers, bétons et pièces en béton. Adjuvants du béton. Pièces préfabriquées et ouvrages en béton. Laitier de haut-fourneau. Plâtres et mortiers de plâtre. Magnésie et mortiers magnésiens. Verre destiné à la construction, peintures, colles. Papier et carton. Goudrons et asphaltes. Éléments de construction à base de produits bitumineux. Propriétés thermiques des matériaux et éléments de construction. Perméabilité à la vapeur d'eau des matériaux. Propriétés acoustiques des matériaux. Résis-

tance au feu. Essai des revêtements de sol. Essais des sols de fondations. — E. 48468.

B-2254. Statique pratique de la construction. III. (Praktische Baustatik). SCHREYER; Edit. : *B. G. Teubner-Verlagsgesellschaft M. B. H.* Blumenstrasse 27-29, Stuttgart S. All. (1956), 3^e édition, 1 vol. (16 × 23,5 cm), vi + 244 p., 364 fig., DM 12,20. — Le présent tome est consacré à l'étude des ouvrages d'art et des charpentes d'engin de levage. Outre de nombreuses améliorations, la présente édition comporte un chapitre nouveau, consacré à l'étude des portiques, calculés selon la méthode de Cross. Prescriptions générales concernant les charges et les contraintes admissibles pour les ponts et les charpentes d'engins de levage. Lignes d'influence de la poutre pleine, de la poutre en treillis, de la poutre en console. Poutres en bois, chevillées, clouées, collées. Poutres métalliques en tôle assemblées et en treillis, rivées et soudées. Poussée des eaux et des terres sur les murs de soutènement et de quai et les rideaux de palplanches. Arcs, culées et piles. Portiques. — E. 48795.

B-2255. Manuel des canalisations en béton (Betonrohr Taschenbuch). ROSKE (K.); Edit. : *Gauverlag GMBH*, Kleine Wilhelmstrasse 7, Wiesbaden, All. (1956), 1 vol. (15 × 21 cm), 120 p., 61 fig., 20 réf. bibl., DM 8,80. — Publication de l'Association fédérale allemande des Produits en Béton. — Guide pratique pour la fabrication et la pose des tuyaux de béton. Leur domaine d'emploi : adduction d'eau, drainage, égouts. Propriétés du béton pour canalisations. Les assemblages. Essais des tuyaux et conduits. Étude statique et hydraulique des conduites. Nomenclature des dispositions réglementaires allemandes. Norme DIN 4030 (béton pour ouvrages exposés à la corrosion par le sol ou par l'eau); liste des normes à appliquer. — E. 48576.

B-2256. Dispositions techniques concernant la construction. Bâtiment. Travaux publics. Direction des travaux. Reconstruction. Partie G. Prescriptions générales pour le calcul et l'exécution. (Technische Baubestimmungen. Hochbau. Tiefbau. Bauleitung. Wiederaufbau). GOTTSCH, HASENJÄGER, Edit. : *Verlagsgesellschaft R. Müller*, Maarweg 130, Köln-Braunsfeld, All. (1957), 4^e édition, 1 vol. (17,5 × 22,5 cm), 120 p., 165 fig. — Texte de la norme DIN 1053 concernant le calcul et l'exécution des travaux de maçonnerie, de la norme DIN 4103 sur les cloisons de séparation de type léger, de la norme DIN 4106 sur les épaisseurs des murs dans les maisons d'habitation, de la norme DIN 488 sur les ronds utilisés dans la construction en béton armé. — E. 48087 A.

B-2257. Leçons de construction de bâtiments (Baukonstruktionslehre) MITTAG (M.); Edit. : *C. Bertelsmann Verlag*, Gütersloh, Baudelstrasse 15, Detmold, All. (fév. 1957), 8^e édition, 1 vol., (21 × 30 cm), 352 p., 9058 fig., DM 42. — Aide-mémoire à l'usage de l'architecte, de l'ingénieur et des spécialistes de tous les corps d'état du bâtiment. L'ouvrage abondamment illustré, groupe les normes, règlements et exemples de réalisation, depuis la première pierre jusqu'à la peinture finale. Sous une forme condensée, il constitue une véritable encyclopédie de la construction du bâtiment selon les règlements allemands. — E. 48608.

RECTIFICATIF : DT. 107, de septembre 1957

Page 850, n° 52, lire : Ann. I.T.B.T.P. Fr.

(sep. 1957) au lieu de : juin 1957.

(Reproduction interdite)

ÉDITÉ PAR LA DOCUMENTATION TECHNIQUE
DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS,
6, RUE PAUL-VALÉRY, PARIS-XVI^e

(Ann. I. T. B. T. P.)

4544-11-57. -- Typ. FIRMIN-DIDOT et C^{ie}, Mesnil (Eure)
Dépôt légal : 4^e trim. 1957.

Le Directeur-Gérant : P. GUÉRIN

Comment Protéger

Les TOITURES en ZINC



LA LUTTE CONTRE LA CORROSION DES TOITURES EN ZINC A UNE TRÈS GRANDE IMPORTANCE SI L'ON SONGE QU'À PARIS 80 % DES TOITURES SONT RECOUVERTES AVEC CE MATÉRIAU. L'ATMOSPHÈRE DE NOS GRANDES VILLES, QUI CONTIENT DE L'OXYDE DE CARBONE, DU GAZ CARBONIQUE ET SURTOUT DE L'ACIDE SULFURIQUE, ATTAQUE LE ZINC AVEC UNE RAPIDITÉ PARFOIS SURPRENANTE.

REFAIRE UNE TOITURE EN ZINC POSE UN PROBLÈME FINANCIER IMPORTANT. OR, IL EXISTE DES MOYENS DE PROTECTION DU ZINC, SIMPLES ET EFFICACES, BEAUCOUP MOINS COUTEUX.

AVANT DE LES ÉNONCER, RAPPELONS BRIÈVEMENT LES MODES D'ACTION DE LA CORROSION.

LA CORROSION PHÉNOMÈNE CHIMIQUE ÉLECTROLYTIQUE

Le développement de l'utilisation industrielle et domestique du mazout dans les vingt dernières années a entraîné une augmentation considérable de la projection d'anhydride sulfureux dans l'air. Si le chauffage est mal réglé des fumérons se produisent qui, chargés de SO_2 , retombent sur les toitures environnantes.

Le SO_2 au contact de l'oxygène et des agents catalyseurs se transforme en SO_4H^2 . La teneur en acide sulfurique est parfois assez importante pour que, une fois le fumeron collé sur le zinc, une oxydation grave se produise en ce point. L'origine de la corrosion par points est bien due à la présence de fumérons, puisque si l'on introduit une plaque de zinc dans une atmosphère de SO_2 , l'oxydation est faible, or si l'on fait agir en même temps du noir de fumée ou des poussières qui peuvent se charger de SO_2 et se dépo-

ser sur le métal l'oxydation devient aussitôt plus intense aux endroits où s'accrochent les particules.

Cette oxydation du zinc pourrait être limitée si des phénomènes électro-chimiques ne venaient l'aggraver. On pourrait supposer que, une fois la couche d'oxyde et de carbonate de zinc superficielle formée, celle-ci serait une protection suffisante pour le métal sous-jacent. Or précisément l'attaque par points de l'acide sulfurique crée des différences de potentiel entre les parties du métal plus ou moins corrodées et l'on assiste à un véritable phénomène d'électrolyse, la toiture en zinc se comportant comme une pile.

Le zinc a donc une tendance naturelle à se transformer en sulfates, tendance encore amplifiée par la présence d'acide sulfurique qui est à l'origine d'une destruction du métal à la fois chimique et électrolytique.

LES MOYENS DE PROTECTION

La protection contre la corrosion aura pour but d'empêcher cette double destruction du métal.

Notons que, avant tout, il serait peut-être utile de procéder à un bon réglage du brûleur à mazout pour éviter la production de fumerons. Au cas où ce réglage serait inefficace, nous vous proposons les procédés suivants :

Un premier moyen simple et parfois considéré comme onéreux est l'utilisation d'un modèle de capte-suie adapté au type de cheminée (un même capte-suie peut ne pas convenir à deux cheminées semblables placées dans des conditions différentes de ventilation, de turbulence, etc...). Un réglage du brûleur est parfois nécessaire après la pose d'un tel appareil.

Les autres moyens ont ceci de commun qu'ils consistent tous en l'application d'une ou plusieurs couches d'un produit protecteur.

Il importe d'abord de délimiter la zone de toiture la plus exposée à protéger afin de

réduire les frais au maximum (soit en ne protégeant que cette partie, soit en protégeant toute la toiture et en appliquant plusieurs couches sur la partie endommagée). Cette zone devra être au moins brossée et dépoussiérée avec soin et au besoin grattée au couteau. Un nettoyage par un procédé chimique serait préférable en utilisant soit du trichloréthylène soit un ponçage au papier émeri suivi d'un brossage et d'un nettoyage au white-spirit.

Une fois le décapage effectué un certain nombre de produits peuvent être appliqués dont nous vous indiquons ici la liste par ordre de prix croissant.

Les peintures au mélange de brai et d'aluminium constituent une bonne protection, d'autant que la présence du métal dans le brai limite sensiblement l'effet destructeur des rayons ultra-violet. Mais il faut se souvenir que la couleur sombre d'un tel revêtement peut être à l'origine d'un échauffement assez considérable des combles en été.

Par contre l'application de peintures à l'aluminium donne des surfaces suffisamment réfléchissantes pour assurer une protection efficace contre la chaleur solaire. L'adjonction de vernis gras à la peinture peut encore améliorer ce genre de revêtement à condition toutefois que la toiture ne soit pas neuve, car il s'accrocherait mal sur le métal.

Une solution efficace mais plus onéreuse consiste à protéger la toiture à l'aide de peinture au caoutchouc isomérisé avec ou sans zinc. Ce genre de produit possède un grand pouvoir d'accrochage, demeure neutre et, lorsqu'il contient du métal, permet de conserver à la toiture l'aspect du zinc.

Quant aux peintures à base de caoutchouc chloré il y a lieu de les employer avec circonspection car elles peuvent parfois provoquer certaines réactions chimiques en présence du zinc.

Rappelons enfin que les peintures à l'huile ne peuvent « prendre » sur les plaques de zinc que si elles sont posées depuis quelque temps.

IL EST DONC RELATIVEMENT AISÉ DE FAIRE FACE A LA CORROSION DES TOITURES DE ZINC, SOIT EN S'ATTAQUANT DIRECTEMENT A LA CAUSE SOIT, CE QUI EST SOUVENT LA SEULE SOLUTION, EN ASSURANT UNE BONNE PROTECTION DU MÉTAL CONTRE LES AGENTS DESTRUCTEURS. UN NETTOYAGE SOIGNEUX DES PLAQUES DE ZINC SUIVI DE L'APPLICATION DE PEINTURE AU BRAI-ALUMINIUM, A L'ALUMINIUM OU AU CAOUTCHOUC ISOMÉRISÉ AVEC OU SANS ZINC, SEMBLANT EN EFFET, DONNER ENTIÈREMENT SATISFACTION.

LES TACHES DE BISTRE

**COMMENT LES ÉVITER?
COMMENT Y REMÉDIER?**

Il arrive dans les immeubles de construction récente qu'apparaissent, au bout de peu de temps, des taches brunâtres sur les parois derrière lesquelles passent des conduits de fumée. L'apparition de ces taches est parfois accompagnée d'une odeur désagréable et pénétrante au point d'interdire l'usage de certaines pièces.

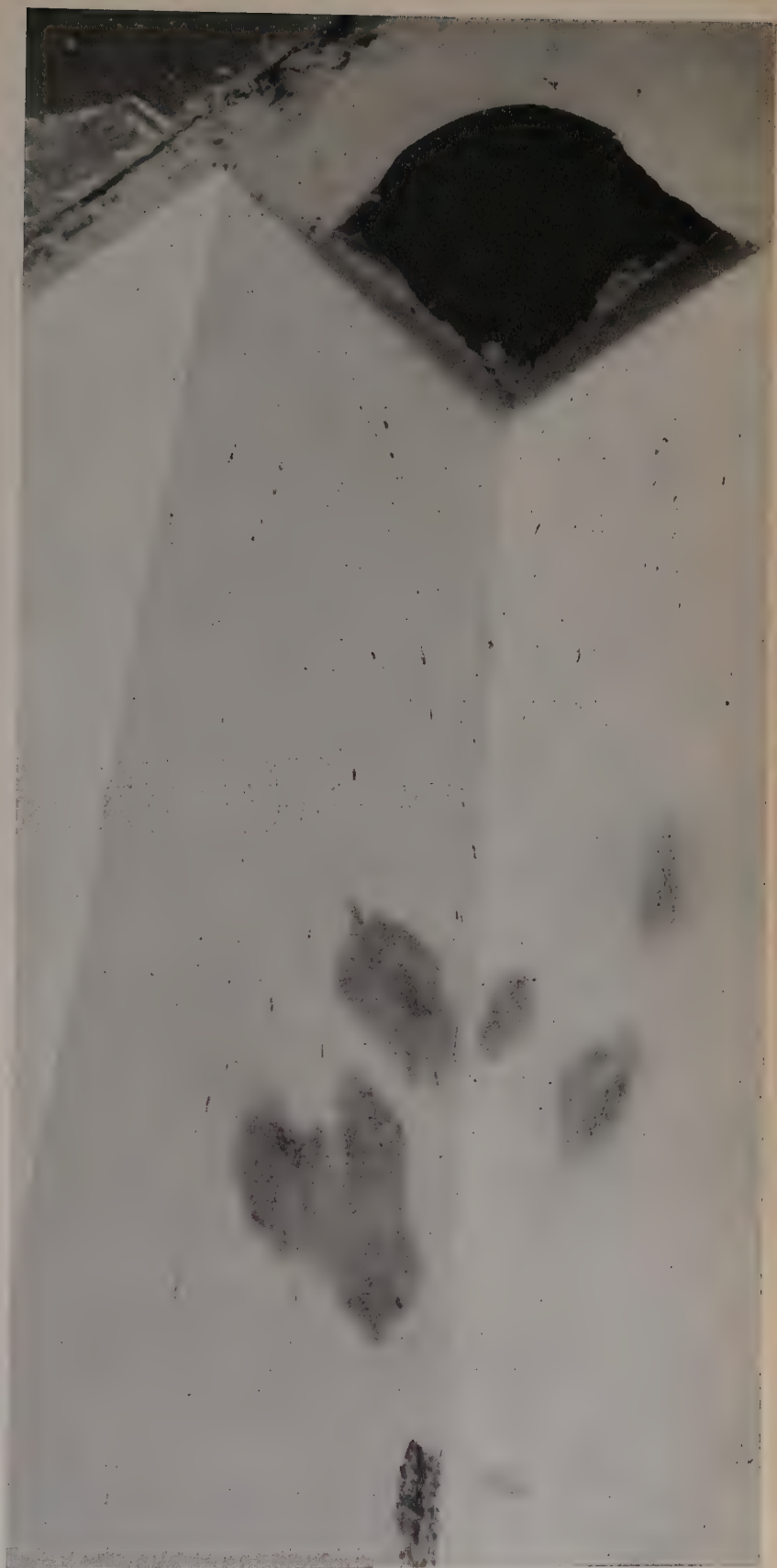
La première réaction de la victime d'un tel incident est de mettre en cause l'entrepreneur ou les méthodes de construction modernes. Or la véritable cause en est souvent tout autre puisqu'elle est due en général à une mauvaise utilisation d'un appareil de chauffage.

**QU'EST-CE DONC QUE LE BISTRE
ET D'OU PROVIENT-IL?**

**COMMENT PRÉVENIR SES EFFETS
NÉFASTES OU Y REMÉDIER?**

•

Le bistre est un résidu de combustion, lui-même incombustible, et composé d'un ensemble de produits volatils légers véhiculés par la vapeur d'eau. Une partie de celle-ci se condense dans la cheminée, ce qui permet le dépôt du



bistre sur les parois du conduit. Mais alors que les constituants les plus lourds du bistre restent plaqués à l'intérieur de la cheminée le reste, incolore, formé d'eau et de produits pyrolytiques diffuse à travers le conduit et peut arriver à tacher les enduits à la surface desquels il s'oxyde au contact de l'air.

Tous les appareils de chauffage produisent du bistre en quantité variable, quel que soit le combustible utilisé, mais il est des cas où les causes de bistrage deviennent très nettes.

Par exemple l'utilisation d'un poêle à combustion lente muni d'un conduit de section réglementaire fait que la quantité de gaz produite étant trop faible pour le conduit, la vitesse des gaz n'est pas assez rapide pour éviter le refroidissement et la condensation avant la sortie du tuyau (la combustion lente exige en effet un faible volume d'air qui, saturé de vapeur d'eau, atteint très vite un point de rosée).

Les poêles à bois sont souvent à l'origine de la formation de taches de bistre. En effet, en dessous de 400°, la combustion du bois ne produit pas assez d'hydrogène pour brûler les autres produits de la combustion tels que les goudrons. Notons que ces derniers ne peuvent pas être brûlés si le bois contient plus de 35 % d'humidité.

Enfin les appareils à charbon qui consomment des charbons gras et des boulets produisent plus de bistre que si on les alimente en coke ou en anthracite.

COMMENT ÉVITER LE BISTRAGE ?

Le meilleur moyen d'éviter de tels inconvénients est de se procurer un bon appareil de chauffage. Mais dans tous les cas il est indispensable de faire appel à un spécialiste qui choisira l'appareil adapté au type de cheminée utilisée. En effet à chaque cheminée convient un type d'appareil déterminé et à le choisir

sans référence à son utilisation on risque de gros déboires. Il est de plus bien entendu qu'un appareil de chauffage fait pour un combustible donné ne peut brûler que celui-ci.

En ce qui concerne les poêles à bois, il est bon de prévoir un système, qui lors de leur marche au ralenti, crée un appel d'air supplémentaire qui dilue les fumées afin d'abaisser leur point de rosée. De plus il faut que cet air soit assez chaud afin de ne pas refroidir les fumées, ce qui entraînerait une condensation.

Notons qu'il existe des appareils spéciaux : les uns provoquent la condensation avant le conduit de fumée, mais exigent une installation fixe pour l'évacuation des produits condensés, les autres repassent les gaz sur le foyer, brûlant ainsi goudrons et suie. Ces appareils ne sont pratiquement pas du domaine du chauffage domestique.

Il existe également des produits type PHE-NOLA appliqués en badigeonnage à l'intérieur des conduits qui réduisent la perméabilité de la paroi et évitent la migration du bistre.

QUELS REMÈDES PRÉCONISER LORSQUE LE BISTRE A PRODUIT DES DÉGATS ?

Il est très difficile de les réparer à peu de frais car il faut enlever tous les matériaux qui en sont imprégnés, sous peine de voir les réparations effectuées sans effet.

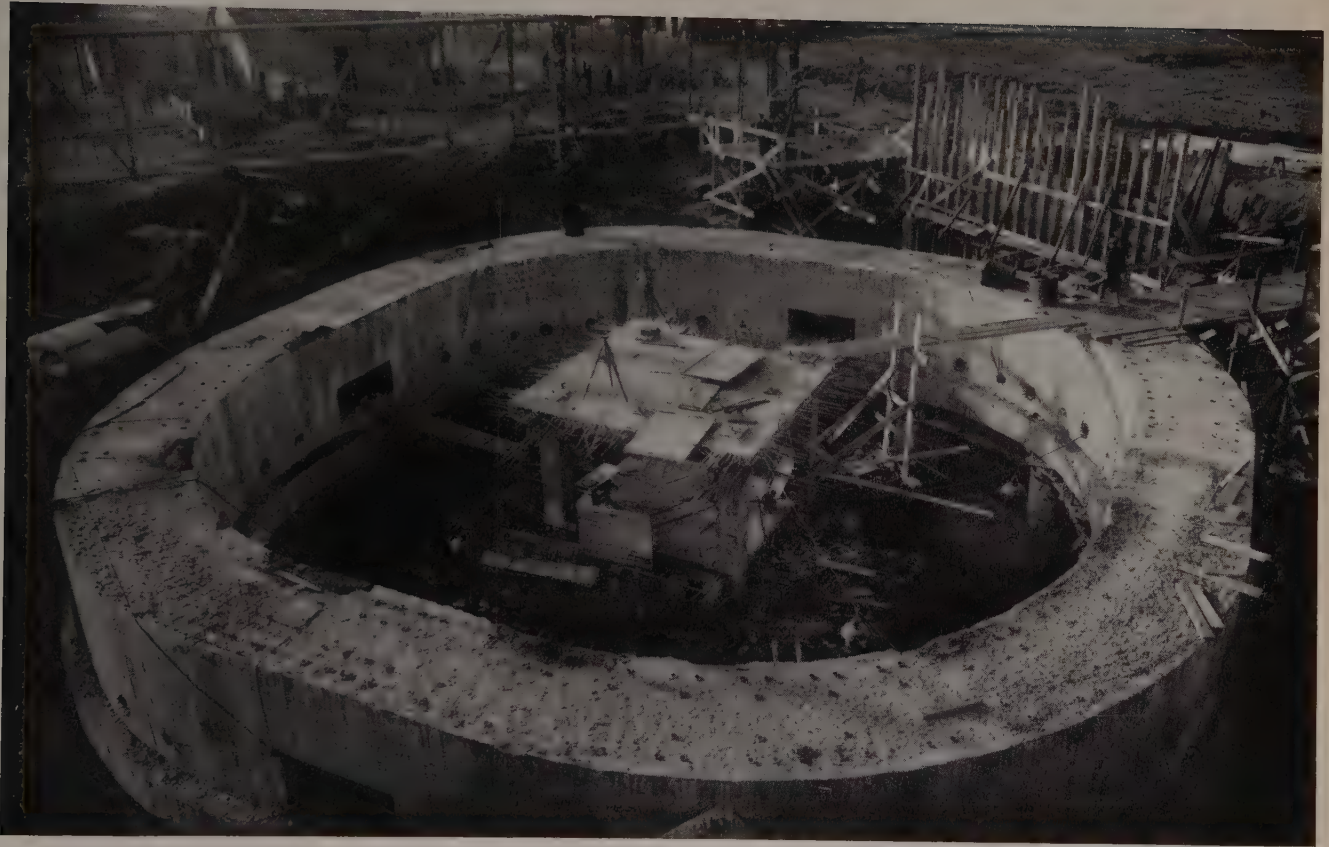
Devant de telles dépenses, il peut être plus sage de réaliser, après avoir enlevé l'enduit taché, une barrière en ardoises jointives scellées à l'aide de ciment ou encore d'utiliser des peintures hydrofuges, ou une mince feuille de métal.

Ces trois derniers procédés peuvent s'opposer à la formation des taches, mais les odeurs peuvent persister. Il se pourrait même dans certains cas que le bistre réapparaisse autour de la région protégée.

SI DONC CERTAINES PRÉCAUTIONS PERMETTENT DE LIMITER LA PRODUCTION DU BISTRE, COMME LE CHOIX D'UN APPAREIL DE CHAUFFAGE BIEN ADAPTÉ AU CONDUIT DE FUMÉE OU UNE AÉRATION BIEN ÉTUDIÉE, IL EST PAR CONTRE PLUS DIFFICILE DE S'OPPOSER A SES INFILTRATIONS.

SEULE LA POSE AUX ENDROITS MENACÉS DE MATÉRIAUX IMPERMÉABLES, JUDICIEUSEMENT CHOISIS, SEMBLE APPORTER UNE SOLUTION CONVENABLE A CE PROBLÈME MINEUR, CERTES, MAIS NON NÉGLIGEABLE.

BETON...



Enceinte bétonnée
du synchrotron
de Saclay.

...et radiations atomiques

LA PRODUCTION ET L'UTILISATION DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE A DES FINS PACIFIQUES NE VONT PAS SANS POSER DE GRAVES PROBLÈMES DE PROTECTION DES ÊTRES VIVANTS.

ON S'EST D'ABORD PROTÉGÉ DE LA RADIOACTIVITÉ A L'AIDE DE FEUILLES DE MÉTAL QUI « ABSORBENT » BIEN LE RAYONNEMENT, LE PLOMB EN PARTICULIER. PUIS LE BÉTON EST APPARU COMME UN MATÉRIAU ANTI-RADIOACTIF TRÈS ACCEPTABLE, SUSCEPTIBLE DE SE MOULER AISÉMENT A LA FORME VOULUE ET EN TOUS CAS PLUS ÉCONOMIQUE QUE LES PLAQUES MÉTALLIQUES.

CEPENDANT IL VA DE SOI QUE LA NATURE OU L'INTENSITÉ DES RADIATIONS A ÉVITER AINSI QUE LA PLACE DONT ON DISPOSE EXIGENT DU BÉTON UTILISÉ DES QUALITÉS BIEN DÉFINIES TANT AU POINT DE VUE DE SA COMPOSITION QUE DE SA MISE EN ŒUVRE.

CHOIX D'UN BÉTON ANTI-RADIOACTIF

On sait que certaines radiations telles que les particules gamma, les rayons X ou les neutrons ont un pouvoir de pénétration très élevé : les faire absorber par une très grande épaisseur de béton normal serait évidemment une solution si elle n'était fort coûteuse et... fort encombrante.

Aussi à défaut d'une enceinte très épaisse s'est-on avisé de se protéger en faisant appel aux propriétés des bétons spéciaux.

La densité de ces matériaux ou leur teneur en eau leur confèrent en effet de remarquables qualités absorbantes face aux divers rayonnements. Examinons ce qu'il en est dans chaque cas.

Certains bétons peuvent contenir une quantité d'eau considérable, grâce notamment à l'emploi de ciments à grande rétention d'eau tels que les ciments magnésiens. Toutefois, un excès d'eau non combinée provoquerait des phénomènes de retrait et de fissuration nuisibles à l'opacité anti-radioactive.

De plus ces bétons fabriqués avec des ciments spéciaux ne se sont pas révélés satisfaisants, jusqu'à présent, du point de vue de la durabilité et de la résistance à la fatigue.

Les bétons lourds, d'autre part, proviennent de l'utilisation d'agréments spéciaux de forte densité. Pour être d'un bon rendement ces agrégats doivent être d'un prix de revient abordable et d'une dureté suffisante pour ne pas se fragmenter lors des manutentions.

Bien entendu l'emploi d'agréments de densités élevées peut se justifier lorsqu'on ne dispose que d'un espace limité, il est moins coûteux cependant d'utiliser des agrégats moins denses s'il s'agit d'édifier une grande paroi protectrice.

QUELQUES DENSITÉS D'AGRÉGATS LOURDS ET DE BÉTONS CORRESPONDANTS

	Agrégat	Béton
Déchets d'acier de forge	7,8	5,45
Fonte phosphoreuse	6,5	4,65
Magnétite	4,95	3,92
Baryte	4,10	3,44
Agrégats ordinaires pour bétons	2,70	2,32

Les agrégats les plus lourds proviennent de la grenaille ou des copeaux d'acier, des déchets d'estampage, des résidus de fonderie.

Cependant les bétons à base de minerai de fer sont les plus répandus : 1 volume de ciment pour 4 volumes de magnétite concassée avec 11 % en poids d'eau de gâchage donne des bétons résistant à 250 kg/cm² d'écrasement à quatre-vingt-dix jours d'âge.

A épaisseur égale un béton à base de magnétite est environ deux fois plus opaque aux radiations qu'un béton ordinaire. Parmi les agrégats lourds signalons la barytine à cause de son prix de revient acceptable et de ses qualités : elle ne craint notamment pas la ségrégation lors de la mise en œuvre et n'absorbe pas l'eau, ce qui permet d'obtenir un pourcentage eau-ciment relativement faible dans la confection du béton.

D'autres minerais lourds comme la limonite (un des oxydes de fer) la galène, la chromite, etc... présentent un certain intérêt, mais ils sont assez chers ou introuvables dans le sous-sol français. Mentionnons enfin certains laitiers lourds, à condition qu'ils soient homogènes.

En général les types de bétons lourds fabriqués avec les agrégats que nous venons de passer en revue ont une bonne constitution de structure, ce qui leur assure une résistance suffisante à l'écrasement, et ils supportent bien les températures de service lorsqu'elles ne sont pas trop élevées. Encore faut-il que leur mise en œuvre soit réalisée correctement.

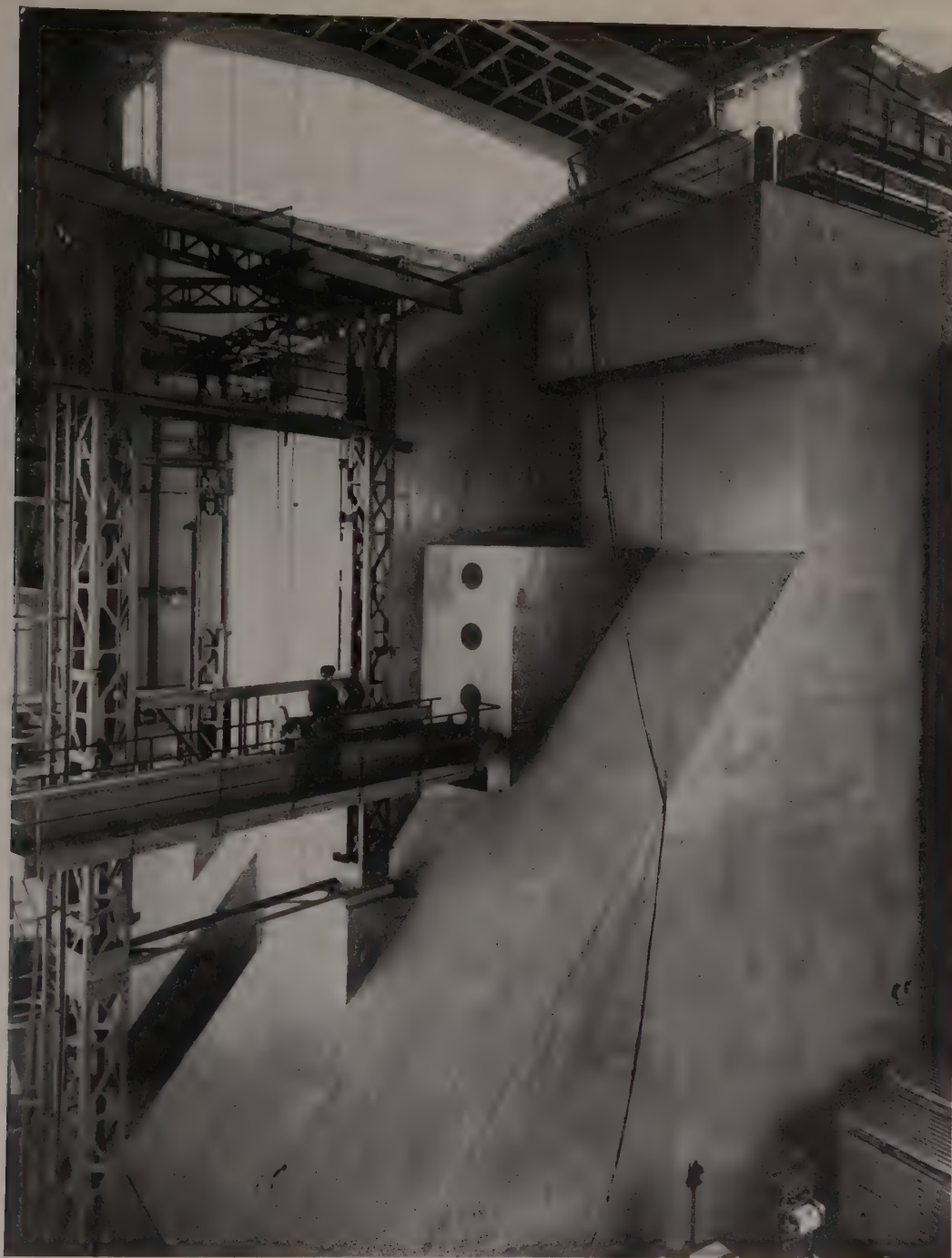
PROCÉDÉS DE MISE EN ŒUVRE

Le poids même des bétons lourds utilisés dans la construction des grands dispositifs de protection biologique pose de multiples problèmes encore compliqués par l'aménagement de nombreuses ouvertures indispensables, par exemple, à l'introduction des barreaux combustibles du réacteur ou aux manipulations à distance.

Tout cela exige un bétonnage particulièrement soigné (pour éviter entre autres la ségrégation) et un coffrage très précis.

LE BÉTONNAGE

Par suite de sa forte densité et de la forme anguleuse ou coupante de ses agrégats un mélange de béton lourd est plus difficile à travailler qu'un béton ordinaire de granulométrie et de teneur en eau comparables. On peut améliorer



Protection de béton de la pile de Marcoule. (Photos communiquées par le C.E.A.)

rer cette situation par un excès de fines et de ciment et par un supplément correspondant d'eau de gâchage.

Cependant comme le béton lourd présente un risque de ségrégation (du fait des différents poids spécifiques des éléments composants) il y a lieu d'utiliser avec discernement les procédés habituels de bétonnage. Par ailleurs on

aura soin de diminuer le volume des gâchées afin d'éviter toute surcharge à la bétonnière et aux moyens de transport.

La vibration du béton se fera avec précaution car certains minerais sont fragiles aux chocs.

Dans le cas où des déchets d'estampage ou autres débris d'acier sont choisis comme agrégats il est préférable de recourir à la mise en

place par damage. On recouvre alors des épaisseurs de mortier de quelques décimètres par une couche uniforme de déchets métalliques dont on enfonce les plus gros éléments par piquage ou vibration.

Quand il est nécessaire de prévoir des installations accessoires ou de nombreux évidements on peut faire appel aux bétons de blocage injectés dans lesquels les agrégats sont mis en place à sec dans le coffrage, compactés par vibration, puis liés par un mortier spécial amené par conduite à la partie basse des coffrages.

Cette pratique limite au maximum la séparation des agrégats lourds et permet d'obtenir un béton de densité et de structure plus uniformes qu'avec d'autres procédés.

LE COFFRAGE

Par suite de la forte poussée du béton lourd sur les coffrages ceux-ci doivent être plus rigides et plus résistants que pour le béton normal. Les coffrages permanents en acier peuvent intervenir dans la résistance pendant et après la réalisation des installations : ils procurent une protection supplémentaire contre le rayonnement, protègent le béton et permettent l'installation d'équipement sur la cloison de protection. Mais l'utilisation de ce genre de coffrage doit être envisagée avec soin car elle double le prix de l'installation de production.

B IEN QUE DE NOMBREUX TRAVAUX DE RECHERCHE RESTENT A ENTREPRENDRE SUR LE ROLE ANTI-RADIOACTIF DU BÉTON IL N'EN DEMEURE PAS MOINS QU'IL A Désormais sa place dans la protection BIOLOGIQUE A CONDITION TOUTEFOIS DE BIEN ÉTUDIER LE MATÉRIAU UTILISÉ ET DE MENER LES TRAVAUX SELON LES NORMES LES PLUS EXIGEANTES.



PLANCHERS CHAUFFANTS

ET PROTECTION DES TUBES

QUAND ON INSTALLE DES PLANCHERS AVEC DES TUYAUX ENROBÉS DANS LE BÉTON, IL Y A LIEU DE SE PRÉMUNIR CONTRE LES CORROSIONS DONT LES CAUSES POSSIBLES SONT ASSEZ NOMBREUSES : QUALITÉ INSUFFISANTE DU BÉTON QUI FERA MAL OBSTACLE AUX AGENTS ATMOSPHÉRIQUES, ÉPAISSEUR D'ENROBAGE TROP FAIBLE, PRÉSENCE DE SUBSTANCES AGRESSIVES AU VOISINAGE DES TUBES ET TOUTES HÉTÉROGÉNÉITÉS POUVANT ENTRAÎNER DES COUPLES GALVANIQUES QUI ATTAQUENT LA TUYAUTERIE.

AFIN D'ÉVITER CES ENNUIS L'UNION DES CHAMBRES SYNDICALES DU CHAUFFAGE A MIS SUR PIED UN CODE DE CONDITIONS MINIMA QU'ELLE VIENT D'ÉLARGIR A LA SUITE D'ÉTUDES RÉCENTES.

En bref, les conditions d'exécution des sols chauffants adoptés en 1955 consistent à protéger les tuyaux par un enrobage suffisant de béton de bonne qualité, assez compact pour résister aux divers agents agressifs.

Rappelons quelques-unes des indications alors retenues :

- Restriction sévère sur le choix des ciments, condition aujourd'hui assouplie comme en témoigne le tableau ci-après.
- Utilisation d'agréats très contrôlés, en vue notamment d'éliminer les sels solubles.
- Dosage susceptible d'assurer une bonne compacité.
- Gâchage peu « mouillé ».

- Enrobage très soigné comportant au moins 1,5 cm sous le tube et 2 cm au-dessus du tube.
- Interdiction d'utiliser des produits accélérateurs de prise ou anti-gel, de façon à n'introduire aucun agent agressif, etc...

Par ailleurs, et à l'occasion de recherches sur la corrosion des armatures dans le béton, le *Centre Expérimental du Bâtiment et des Travaux Publics* a été amené à remplacer les barres par des tubes de fer.

Il était en effet plus commode et plus rapide de suivre les progrès de l'oxydation sur des tubes très minces dont la résistance électrique — relativement élevée — pouvait être sensiblement perturbée par la corrosion.

On arriva ainsi à étudier la progression de la corrosion en fonction du temps.

On profita en outre de ces études pour faire varier la nature du ciment et la composition du béton destinés aux essais.

RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE



*Très faible
dans un tube épais*



*Élevée
dans un tube mince*

Que résulte-t-il de ces travaux?

On a constaté que la corrosion diminuait lorsque la compacité du béton croissait, c'est ainsi que les traces de rouille apparaissent lorsque l'enrobage ou le béton sont défectueux.

La question du dosage entre aussi en jeu; la corrosion des tubes est d'autant moins à redouter que le béton est riche en ciment. Cependant le danger du retrait dû à un dosage trop fort constitue la limite supérieure à ne pas dépasser. Il semble que le minimum au-dessous duquel il ne faut pas descendre soit 300 kg de ciment par m³ de béton.

Au point de vue chimique certains agents tels que le sel ordinaire et le chlorure de calcium ont des propriétés fâcheuses quand ils sont près des tubes; aussi est-il recommandé de ne pas laisser traîner ces produits sur le chantier car, par inadvertance, il peut y avoir contact et accident.

Enfin une commission spéciale qui vient de se réunir a conclu à la possibilité d'admettre l'usage d'autres ciments alors que jusqu'à maintenant on se limitait uniquement aux CPA-CPB.

LISTE DES CIMENTS NOUVELLEMENT ADMIS

— HRIC	} normalisés ou en cours de normalisation	— CF normalisé.
— HRIL		— 270-350 VP.
— HRIP		
— CPAC	} normalisés ou en cours de normalisation	— CPMF 1 VP { Société des matériaux
— CPAL		— CPMF 2 VP { de construction de la
— CPAP		Loisne.

INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

CONFÉRENCES DU CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

SESSION 1957-1958 (seconde série)

Programme des séances de janvier à juillet 1958

TECHNIQUE GÉNÉRALE DE LA CONSTRUCTION

LE CENTRE HOSPITALIER DE LAON

par M. A. CROIZÉ, Architecte D. P. L. C.

LA DÉFENSE CONTRE LE BRUIT DANS LES CONSTRUCTIONS

par M. CONTURIE, Ingénieur en Chef
de la Radiodiffusion-Télévision-Française,
Chef du Service des Bâtiments

LE MARCHÉ-GARE DE TOULOUSE

par M. F. PRAT, Ingénieur en Chef de la Ville de Toulouse

LES BATIMENTS DE L'U.N.E.S.C.O.

par MM. B. ZEHRFUSS,
Architecte D. P. L. G. Premier Grand Prix de Rome,
P. L. NERVI, Ingénieur, BERNARD, Représentant de la participation
« Société Dumez-Entreprise Fourré Rhodes »

ESSAIS ET MESURES

COMPTE RENDU DES ESSAIS EFFECTUÉS SUR LES ACIERS A HAUTE RÉSISTANCE POUR LE BÉTON ARMÉ ET SUR LES TREILLIS SOUDÉS

par M. J. PERCHAT, Ingénieur des Arts et Manufactures

IMPORTANCE RELATIVE DES ERREURS DE DOSAGE DANS LA CONFECTION DU BÉTON ESSAIS STATISTIQUES

par M. VIRONNAUD, Chef du Service Matériaux
au Centre Expérimental de Recherches et d'Études du Bâtiment
et des Travaux Publics

SOLS ET FONDATIONS

LE QUATRIÈME CONGRÈS INTERNATIONAL DE MÉCANIQUE DES SOLS (Londres, août 1957)

par M. Y. TCHENG, Docteur ès Sciences, Chef de Section
au Centre Expérimental de Recherches et d'Études du Bâtiment
et des Travaux Publics

STABILISATION DES SOLS ROUTIERS

par M. PELTIER, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées,
Directeur de Recherches et d'essais au Laboratoire Central
des Ponts et Chaussées

TRAVAUX PUBLICS

LE BARRAGE DE MAUVOISIN, SON EXÉCUTION ET SES INSTALLATIONS DE CHANTIER

par M. COLOMB, Directeur Technique
aux Entreprises Conrad Zschokke de Genève

LE BARRAGE DE KARIBA SUR LE ZAMBÈZE (RHODÉSIE)

par M. A. COYNE

LES TRAVAUX DE GÉNIE CIVIL DE LA CHUTE DE BAIX-LE-LOGIS-NEUF SUR LE RHÔNE

par M. PELLETIER, Directeur à la Direction Générale
de l'Entreprise Industrielle

LE PONT DE LATTRE DE TASSIGNY ET SON CARREFOUR A TROIS NIVEAUX RIVE DROITE

sous la présidence de M. REROLLE,
Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées du département du Rhône
par MM. DUCLOT, Directeur de la Compagnie Lyonnaise d'Entreprises
et de Travaux d'Art; XERCAVINS, Ingénieur à la S. T. U. P.; THIEBAUT,
Ingénieur des Ponts et Chaussées

AMÉNAGEMENT HYDRO-ÉLECTRIQUE DE LA DURANCE,

par M. J. CABANIUS, Directeur de la Région d'Équipement Hydraulique
Alpes III

CONSTRUCTION DE QUAIS DANS LES FLEUVES A FORT COURANT EXEMPLE DU PORT DE MATADI (Congo Belge)

par M. Claude HERSENT

MATÉRIAUX

L'EMPLOI DU BOIS DANS LE BATIMENT ET LA CONSTRUCTION

Exposés présentés par le Centre Technique du Bois

BÉTON, BÉTON ARMÉ

BÉTON INJECTÉ OU BÉTON DE BLOCAGE

par M. CHEFDEVILLE, Chef de Service au Centre Expérimental
de Recherches et d'Études du Bâtiment et des Travaux Publics

HALL DES EXPOSITIONS DE NICE

par M. Roger PELNARD-CONSIDERE,
ancien Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Ingénieur-Conseil

BÉTON PRÉCONTRAINT

LE PONT RAIL-ROUTE D'ABIDJAN

par M. N. ESQUILLAN, Directeur Technique des Entreprises Boussiron
et M. J. FRANÇOIS, Chef d'études aux Entreprises Boussiron.

RECONSTRUCTION DU PONT DE CHAZEY SUR LA RIVIÈRE D'AIN

par M. COURBON, Directeur des Études à la Société des Grands
Travaux de Marseille,

DEUXIÈME SESSION D'ÉTUDES DE LA PRÉCONTRAINTÉ

réservée aux Membres de l'Association Scientifique de la Précontrainte.
Inconvénients et incidents de mise en œuvre constatés sur les chantiers

La résistance à la flexion compte tenu de l'effort tranchant

ÉQUIPEMENT TECHNIQUE

LA PROTECTION DES CONDUCTEURS ÉLECTRIQUES

par M. HUGUET, Ingénieur E.S.E. Vice Président Délégué de la
Fédération Nationale de l'Équipement Électrique

LE NOUVEAU CODE DU GAZ, ET LA DISTRIBUTION DES GAZ (PROPANE, AIR PROPANE, GAZ DE LACQ) EN MATIÈRE D'HABITATION

sous la présidence de M. CHARLENT, Président de l'Union
des Patrons Installateurs Sanitaires et Couvreurs de France

QUESTIONS GÉNÉRALES

PROBLÈMES PARTICULIERS AUX TRAVAUX DE GÉNIE CIVIL DES CENTRALES D'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

PRÉFABRICATION ET RÈGLEMENTS

HISTOIRE D'UN CHANTIER

par M. A. BALENCY-BEARN

EXPERTS, EXPERTISES ET LABORATOIRES

par M. L'HERMITTE, Délégué Général des Laboratoires du Bâtiment
et des Travaux Publics

Ce programme est provisoire. Les adhérents de l'Institut Technique trouveront sur la couverture du numéro de décembre 1957 des Annales le programme définitif avec l'indication des dates de chaque conférence.

Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics

CONFÉRENCES DU CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

SESSION 1957-1958

**MERCREDI 27 NOVEMBRE 1957, à 17 h. 30,
7, rue La Pérouse**

Séance organisée avec l'Association Française des Ponts et Charpentes

sous la présidence de M. Pierre RENAUD,
Inspecteur Général des Ponts et Chaussées, Commissaire Général
aux Entreprises de Travaux Publics et de Bâtiment.

**CHARPENTES EN BOIS LAMELLÉES ET CLOUÉES
THÉORIE ET APPLICATIONS**

**ENSEIGNEMENTS A TIRER DE L'EFFONDREMENT DU
CINTRE DU PONT DE SANDÖ (Suède).**

par M. HJALMAR GRANHOLM, Docteur en Technologie,
Professeur à l'École Polytechnique Chalmers (Suède)

**MARDI 3 DÉCEMBRE 1957, à 17 h. 30,
7, rue La Pérouse**

*Séance organisée avec l'Association Française
des Ponts et Charpentes*

sous la présidence de M. DENVERS, Député du Nord,
Président de la Commission de la Construction à l'Assemblée
Nationale, Président de l'Union Nationale des Fédérations
d'organismes d'H.L.M.

**LES PROBLÈMES DE L'ÉCONOMIE DANS LA CONCEPTION
ET LA CONSTRUCTION DES BATIMENTS**

par M. J. BARETS, Ingénieur-Conseil,
Directeur de la Société d'Études B. T. B.

**MARDI 10 DÉCEMBRE 1957, à 17 h. 30,
7, rue La Pérouse**

**BERLIN 1957 - PARTICIPATION FRANÇAISE
A LA RECONSTRUCTION DU QUARTIER DE LA HANSE**

par M. R. LOPEZ, Architecte en Chef
des Bâtiments Civils et Palais Nationaux.

**MARDI 17 DÉCEMBRE 1957, à 17 h. 30,
7, rue La Pérouse**

*Séance organisée avec l'Association Française
des Ponts et Charpentes*

sous la présidence de M. Henri PERRIN, Architecte.

**LA SALLE DES SPORTS DE MULHOUSE
Construction d'une grande voûte d'arête**

par M. Thierry JEAN-BLOCH, Ingénieur-Conseil (E. C. P.)

Voir en page 3 de la couverture le programme des séances de janvier à juillet 1958

L'INFORMATION TECHNIQUE CINÉMATOGRAPHIQUE

MERCREDI 11 DÉCEMBRE 1957, à 18 h. précises — 7, rue La Pérouse

Programme :

LE LAITIER EXPANSÉ.
L'EMPLOI DE L'ACIER DANS LE BATIMENT.

La carte spéciale d'inscription sera demandée à l'entrée.